



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 41 33 196 A 1

51 Int. Cl.⁵:
G 01 S 17/10
G 01 S 7/48

21 Aktenzeichen: P 41 33 196.6
22 Anmeldetag: 7. 10. 91
43 Offenlegungstag: 30. 4. 92



DE 41 33 196 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31

05.10.90 JP 2-268789 05.10.90 JP 2-268790
29.10.90 JP 2-292762 02.11.90 JP 2-298672

71 Anmelder:

Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:

Eitle, W., Dipl.-Ing.; Hoffmann, K., Dipl.-Ing.
Dr.rer.nat.; Lehn, W., Dipl.-Ing.; Fücksle, K.,
Dipl.-Ing.; Hansen, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;
Brauns, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Görg, K.,
Dipl.-Ing.; Kohlmann, K., Dipl.-Ing.; Ritter und Edler
von Fischern, B., Dipl.-Ing.; Kolb, H., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte; Nette, A., Rechtsanw., 8000
München

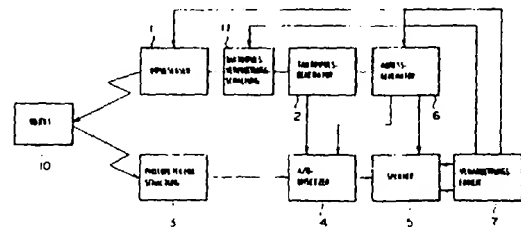
72 Erfinder:

Akasu, Masahira, Himeji, Hyogo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Entfernungsmessvorrichtung

57 Eine Entfernungsmessvorrichtung zur Messung einer Entfernung zu einem in Frage stehenden Objekt enthält einen Taktimpulsgenerator (2) zur Erzeugung eines Taktimpulssignals mit einer vorgegebenen Frequenz, einen Impuls-laser (1) zur Aussendung eines Lichtimpulses zum Objekt, eine Fotodetektorschaltung (3) zur Erfassung eines Echolichtimpulses, der aus einer Reflexion des Lichtimpulses am Objekt resultiert, einen Analog/Digital-Umsetzer (4) zur Umsetzung eines elektrischen Signalausganges von der Fotodetektorschaltung in digitale Daten unter zeitlicher Steuerung durch das Taktimpulssignal, und einen Speicher (5) zur aufeinanderfolgenden Speicherung des digitalen Datenausganges aus dem Analog/Digital-Umsetzer auf einer zeitlich seriellen Grundlage, und eine Verarbeitungseinheit (7) zur Verarbeitung der im Speicher gespeicherten Daten, um dadurch arithmetisch die Entfernung zum Objekt auf der Grundlage eines Scheitels zu bestimmen, der in einer Echowellenform erscheint, die aus den Daten, aus einem Zeitablauf von der Aussendung des Lichtimpulses bis zum Erscheinen des Scheitels, und aus der Frequenz des Taktsignals zusammengesetzt wurde. Eine Entfernungsmessung hoher Genauigkeit kann mit verbesserter Linearität und verbessertem Rauschabstand (S/N) realisiert werden. Durch Zusammensetzung einer Echowellenform aus den mittels einer Anzahl von Lichtimpulsaussendungen erhaltenen Daten kann die Auflösung der Entfernungsmessung verbessert werden.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Abstandserfassungs- oder Entfernungsmessvorrichtung zur Messung einer Entfernung zu einem interessierenden Objekt, indem ein Lichtimpuls zum Objekt ausgesandt wird, ein vom Objekt zurückreflektierter Echolichtimpuls empfangen wird, und die Entfernung zum Objekt auf der Grundlage einer Zeitspanne bestimmt wird, die zwischen der Aussendung des Lichtimpulses bis zum Empfang desselben verstrichen ist.

Als ein Abstandserfassungssystem oder als Entfernungsmessvorrichtung der vorstehend erwähnten Bauart ist eine Vorrichtung bekannt, bei der ein Laserimpulsstrahl hoher Intensität verwendet wird, wie sie beispielsweise in der japanischen Patentveröffentlichung Nr. 1632/1971 beschrieben wird. Fig. 3 zeigt den Aufbau dieser bekannten Entfernungsmessvorrichtung. Unter Bezugnahme auf diese Figur beginnt ein Zähler (9) Taktimpuls zu zählen, die von einem Taktimpulsgenerator (2) gleichzeitig mit der Aussendung eines Lichtimpulses aus einem Impulslaser (1) erzeugt werden. Eine Fotodetektorschaltung (3) empfängt einen Echolichtimpuls, der von einem interessierenden Objekt oder Ziel (10) zurückreflektiert wird, das mit dem ausgesandten Lichtimpuls beleuchtet wurde und gibt nach Verstärkung ein elektrisches Impulssignal ab. Ein Impulsdiskriminator (8) vergleicht den elektrischen Impulssignalausgang aus der Fotodetektorschaltung (3) mit einem vorgegebenen Schwellenwertpegel, um dadurch die elektrische Impulskomponente, die dem Echolichtimpuls entspricht, gegenüber Störkomponenten auszufiltern. Abhängig von dem Impulsausgang des Impulsdiskriminators (8) wird der Zählbetrag des Zählers (9) ausgelesen und von einer Verarbeitungseinheit (7A) verarbeitet, um eine Entfernung zwischen der Abstandsmessvorrichtung und dem Objekt, in Einklang mit der folgenden Gleichung (1) zu bestimmen:

$$\text{Entfernung} = (\text{Zählbetrag} \times \text{Taktimpulsperiode} \times \text{Lichtgeschwindigkeit})/2 \quad (1)$$

Anders ausgedrückt, die Entfernung wird bestimmt, indem ein Produkt halbiert wird, das sich aus der Multiplikation einer zwischen der Aussendung des Lichtimpulses und dem Empfang des Echoimpulssignals liegenden Zeitspanne mit der Lichtgeschwindigkeit ergibt, wobei die vorstehend erwähnte Zeit auf der Grundlage des Zählbetrages des Zählers (9) ermittelt wird.

Wie aus der Gleichung (1) ersichtlich ist, hängt das Auflösungsvermögen der Entfernungsmessung mittels der bekannten Entfernungsmessvorrichtung der vorstehend beschriebenen Bauart von der Periode oder Frequenz des Taktimpulses ab. Wird beispielsweise die Frequenz des Taktimpulssignals, das durch den Taktimpulsgenerator (2) erzeugt wird, gleich 30 MHz gewählt, was näherungsweise einen oberen Grenzwert der Frequenz darstellt, auf den eine typische digitale integrierte Mehrzweckschaltung ansprechen kann, so ist das Auflösungsvermögen der Entfernungsmessung in der Größenordnung von 5 m. Zur Verbesserung des Auflösungsvermögens der Entfernungsmessung ist es erforderlich, die Frequenz des Taktimpulssignales zu erhöhen. Soll beispielsweise eine Auflösung in der Größenordnung von 50 cm realisiert werden, so muß die Frequenz des vom Taktimpulsgenerator (2) erzeugten Taktimpulssignals gleich 300 MHz sein. In diesem Fall müssen die Komponenten, die die Entfernungsmessvorrichtung darstellen, wie beispielsweise der Zähler (9), der Taktimpulsgenerator (2) und andere implementiert werden, indem jene Elemente verwendet werden, die in der Lage sind, auf eine ultrahohe Geschwindigkeit oder Impulswiederholungsrate anzusprechen. Um es anders auszudrücken, die übliche digitale integrierte Mehrzweckschaltung kann zu diesem Zweck nicht mehr verwendet werden, sondern es müssen spezifische und sehr kostspielige Komponenten verwendet werden, was wiederum bedeutet, daß die Entfernungsmessvorrichtung sehr teuer wird. Ein Versuch zur weiteren Erhöhung der Auflösung muß von der Entwicklung derartiger Elemente oder Bestandteile derselben ausgehen, die in der Lage sind, bei ultrahoher Geschwindigkeit zu arbeiten.

In Verbindung mit der bekannten Entfernungsmessvorrichtung, wie sie vorstehend beschrieben wurde, ist ferner anzumerken, daß der vom Objekt (10) zurückreflektierte Echolichtimpuls erfaßt werden kann, um dadurch einen Impuls zum betriebssicheren Anhalten der Impulszählung des Zählers (9) zu erzeugen, indem ein hoher Schwellenwertpegel im Impulsdiskriminator (8) nur unter der Bedingung verwendet wird, daß das Ziel (10) in relativer Nachbarschaft zur Entfernungsmessvorrichtung lokalisiert wird, daß die Intensität des Echolichtimpulses ausreichend hoch ist, und daß ein ausreichend guter Rauschabstand für die Fotodetektorschaltung (3) gewährleistet werden kann. Befindet sich jedoch das in Frage stehende Objekt in einer relativ fernen Position oder ist der Reflexionskoeffizient des Objektes so niedrig, daß die Intensität des Echolichtimpulses schwach ist, kann der Schwellenwertpegel des Impulsdiskriminators (8) nicht hoch festgelegt werden. In diesem Falle kann es schließlich vorkommen, das die Entfernung als Folge der Störkomponenten, die im Ausgangssignal der Fotodetektorschaltung (3) enthalten sind, bevor der Echolichtimpuls an der Entfernungsmessvorrichtung ankommt, fehlerhaft bestimmt wird. Um eine fehlerhafte Bestimmung infolge von Störkomponenten zu verhindern, muß der Schwellenwertpegel des Impulsdiskriminators (8) hoch festgelegt werden. In diesem Falle besteht jedoch die Möglichkeit, daß der eigentliche Echolichtimpuls wegen der vorstehend aufgeführten Gründe auch nicht erfaßt werden kann. Unter diesem Umständen unterliegt die bekannte Entfernungsmessvorrichtung einer unerwünschten Beschränkung bezüglich des meßbaren Entfernungsbereiches, was zu einem schwerwiegenden Problem führt.

In Verbindung mit der bekannten Entfernungsmessvorrichtung wird ferner darauf hingewiesen, daß der Vergleich des Ausgangssignals der Fotodetektorschaltung (3) mit dem Schwellenwertpegel unvermeidlicherweise von dem Problem begleitet ist, daß der Zeitpunkt zum Erzeugen des Impulses zum Anhalten der Zählung sich ändert, wenn der Schwellenwertpegel sich ändert, was schließlich zu einem Fehler in der Entfernungsmessung führt.

Das vorstehend aufgeführte Problem wird konkreter unter Bezugnahme auf Fig. 4 behandelt. Im allgemeinen kann der vom Impulslaser (1) ausgesandte Lichtimpuls keine Rechteckwellenform annehmen, sondern eine mehr

abgerundete Wellenform, die durch eine Gauß'sche Kurve oder eine angehobene Kosinuskurve angenähert werden kann, unter dem Einfluß der Kennlinie einer Lasersteuerschaltung, der Relaxationszeit und anderen Faktoren. Es wird auf Fig. 4 bei (a) Bezug genommen. Infolgedessen nimmt der Signalausgang aus der Fotodetektorschaltung (3) abhängig von dem vom Objekt zurückreflektierten Echolichtimpuls eine Wellenform an, die zeitweilig relativ zur Laserimpulswellenform verbreitert ist, bedingt durch eine unvermeidliche Bandbegrenzung, die in der Fotodetektorschaltung (3) auftritt, wie sich aus Fig. 4 bei (b) ergibt. Eine derartige, zeitweilig verbreiterte Wellenform wird durch den Impulsdiskriminator (8) mit einem voreingestellten Schwellenwertpegel (V) verglichen. In diesem Fall wird der Zeitpunkt, an dem der Ausgangsimpuls durch den Impulsdiskriminator (8) erzeugt wird, abhängig von der Amplitude des Signalausganges seitens der Fotodetektorschaltung (3) verschieden. Beispielsweise ist unter Bezugnahme auf Fig. 4 bei (c) eine Impulswellenform dargestellt, die eine vollausgezogene hohe Amplitude zusammen mit einer Impulswellenform mit einer gestrichelt dargestellten, niedrigen Amplitude hat. Wie sich aus einem Vergleich dieser Wellenformen ergibt, so ist bei niedriger Amplitude der Zeitpunkt, bei dem der Ausgangsimpuls durch den Impulsdiskriminator (8) erzeugt wird, von einer Zeitnacheilung oder Verzögerung begleitet, verglichen mit jenem der hohen Amplitude, was wiederum bedeutet, daß die Entfernung größer als die wirkliche Entfernung gemessen wird. Somit ist es offensichtlich, daß auch ein Fehler in der gemessenen Entfernung, abhängig von den unterschiedlichen Reflexionskoeffizienten der Objekte auftritt.

Es ist ferner anzumerken, daß die Lichtintensität eine Schwächung als eine Funktion des Quadrates der Entfernung erfährt. Infolgedessen wird die Größe des bei der Entfernungsmessung auftretenden Fehlers unterschiedlich, abhängig von Unterschieden in der Entfernung zu den zu erfassenden Objekten, so daß die Linearität der Entfernungsmessung unerwünschterweise beeinträchtigt wird.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Entfernungsmeßvorrichtung (auch als Abstandsmeßvorrichtung bekannt) zu schaffen, die bezüglich der vorstehend beschriebenen Schwierigkeiten und Mängel der bekannten Vorrichtung im wesentlichen immun ist.

Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Entfernungsmeßvorrichtung zu schaffen, die ein drastisch verbessertes Auflösungsvermögen der Entfernungserfassung gewährleisten kann, selbst in einem Taktfrequenzbereich, auf den übliche digitale, integrierte Schaltungen ansprechen können, ohne daß sie von speziellen und kostspieligen Komponenten Gebrauch machen.

Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Entfernungsmeßvorrichtung zu schaffen, die diskriminierend einen eigentlichen Echolichtimpuls identifizieren kann, der von einem in Frage stehenden Objekt reflektiert wird, selbst in dem Fall, wo der Rauschabstand eines Erfassungssignals des Echolichtimpulses schlecht ist.

Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Entfernungsmeßvorrichtung zu schaffen, die Fehler als Folge von Schwankungen im Reflexionskoeffizienten und in der Entfernung vermeiden kann, und die somit einer verbesserten Linearität der Entfernungsmessung teilhaftig wird.

Im Hinblick auf die vorstehenden und weiteren Aufgabenstellungen, die im Laufe der Beschreibung ersichtlich werden, wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung eine Entfernungsmeßvorrichtung zur Messung einer Entfernung zu einem in Frage stehenden Objekt geschaffen, die gekennzeichnet ist durch:

eine Taktimpulserzeugereinrichtung zur Erzeugung eines Taktimpulssignals mit einer vorgegebenen Frequenz; eine Taktimpulsverzögerungseinrichtung zur Verzögerung des Taktimpulssignals um einen Betrag, der einem ganzzahligen Mehrfachen einer Zeitdauer entspricht, die sich durch Division einer Periode des Taktimpulssignals durch eine ganze Zahl ergibt, die größer als 2 (zwei) ist, um dadurch ein verzögertes Taktimpulssignal zu erzeugen;

eine Lichtimpulserzeugereinrichtung zur Erzeugung eines Lichtimpulses zu einem Zeitpunkt, der synchron mit einem gegebenen der Impulse des verzögerten Taktimpulssignals ist;

eine Fotodetektoreinrichtung zum Empfang eines Echolichtimpulses, der aus der Reflexion des Lichtimpulses am Objekt resultiert, und Umsetzen des Echolichtimpulses in ein elektrisches Signal;

eine Analog/Digital-Umsetzeinrichtung zur Umsetzung des elektrischen Signalausganges aus der Fotodetektoreinrichtung in digitale Daten in zeitlicher Steuerung, die synchron mit den einzelnen Taktimpulsen des Taktimpulssignals ist;

eine Speichereinrichtung zur aufeinanderfolgenden Speicherung des digitalen Datenausganges von der Analog/Digital-Umsetzeinrichtung; und

eine Verarbeitungseinrichtung, um dem Taktimpulssignal unterschiedliche Verzögerungen zu erteilen, so daß das verzögerte Taktimpulssignal jeweils um unterschiedliche Beträge für N Aussendungen der Lichtimpulse verzögert ist, und Zusammensetzen von N Sätzen digitaler Daten (Lichtimpuls-Abfragedaten), die in der Speichereinrichtung gespeichert sind, indem die N Sätze digitaler Daten (Lichtimpuls-Abfragedaten) auf zeitlich serieller Grundlage geordnet werden, um dadurch die Entfernung zum Objekt auf der Grundlage einer durch das Zusammensetzen erhaltenen Impulswellenform arithmetisch zu bestimmen.

Mittels des Aufbaus der vorstehend beschriebenen Abstands- oder Entfernungsmeßvorrichtung wird ein Taktimpulssignal vorgegebener Frequenz, das durch die Taktimpuls-generatoreinrichtung erzeugt wird, durch die Taktimpulsverzögerungsschaltung um einen Betrag verzögert, der durch die Verarbeitungseinrichtung festgesetzt wird, wodurch ein verzögertes Taktimpulssignal erzeugt wird. Ferner bestimmt die Verarbeitungseinrichtung Speicherbereiche zur Speicherung der Echoimpulssignaldaten und steuern die Lichtimpulsaussendung an der Lichtimpuls-generatoreinrichtung. Abhängig von dem Steuerbefehl gibt die Lichtimpuls-generatoreinrichtung einen Lichtimpuls synchron mit einem ersten Auftreten des verzögerten Taktimpulses ab. Der von einem in Frage stehenden Objekt zurückreflektierte Echolichtimpuls wird von der Fotodetektoreinrichtung empfangen und erfährt eine fotoelektrische Umwandlung. Ein von der Fotodetektoreinrichtung ausgegebenes elektrisches Signal wird verzögert und in die Analog/Digital-Umsetzeinrichtung eingegeben, so daß das

eingeebene elektrische Signal unter einer synchron mit dem Taktimpulssignal erfolgenden zeitlichen Steuerung abgefragt wird. Die somit erhaltenen digitalen Daten werden in den Speicherbereichen gespeichert, die durch die Verarbeitungseinheit synchron mit dem Taktimpulssignal festgelegt werden. Für eine Zeitdauer, die einem Entfernungsbereich zur Messung entspricht, werden die A/D-Umsetzer und das Speichern der digitalen Daten in dem Speicherbereich wiederholt durchgeführt. Die A/D-Umsetzung wird nach dem Ablauf der vorstehend erwähnten Zeitdauer angehalten. Anschließend legt die Verarbeitungseinrichtung einen neuen Speicherbereich des Speichers fest, der sich vom vorausgehenden Bereich unterscheidet, und ändert gleichzeitig die Größe der Verzögerung, die dem Taktimpulssignal erteilt wird. Anschließend wird die Routine, beginnend mit der Lichtimpulsaussendung bis zur Speicherung der digitalen Daten, in der vorstehend beschriebenen Speichereinrichtung erneut durchgeführt. Dieser Vorgang wird mehrmals wiederholt. In diesem Zusammenhang wird der Betrag, um den das Taktimpulssignal verzögert wird, als ein Quotient bestimmt, der sich aus der Division der Periode des Taktimpulssignals mit der Anzahl ergibt, mit der der vorstehende Vorgang wiederholt werden soll. Schließlich liest die Verarbeitungseinrichtung aus den Speicherbereichen die Daten aus, die sich jeweils aus den A/D-Umsetzungen ergeben, und ordnet seriell die Daten auf zeitlich serieller Grundlage, beginnend mit dem zunächst erhaltenen Daten, worauf die Verarbeitungseinrichtung arithmetisch die Entfernung zum Objekt auf der Grundlage einer Wellenform bestimmt, die aus den geordneten Daten aufgebaut wird.

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird eine Entfernungsmessvorrichtung oder Abstandserfassungseinrichtung zur Messung einer Entfernung zu einem in Frage stehenden Objekt geschaffen, die gekennzeichnet ist durch:

- 20 eine Taktimpulserzeugungseinrichtung zur Erzeugung eines Taktimpulssignals mit einer vorgegebenen Frequenz; eine Taktimpulsverzögerungseinrichtung zur Verzögerung des Taktimpulssignals um einen Betrag, der einem ganzzahligen Vielfachen einer Zeitdauer entspricht, die aus einer Division einer Periode des Taktimpulssignals mit einer ganzen Zahl resultiert, die größer als 2 (zwei) ist, um dadurch ein verzögertes Taktimpulssignal zu erzeugen;
- 25 eine Lichtimpulserzeugungseinrichtung zur Erzeugung eines Lichtimpulses in zeitlicher Steuerung synchron mit einem gegebenen der Impulse des Taktimpulssignals; eine Fotodetektoreinrichtung zum Empfang eines Echolichtimpulses, der aus der Reflexion des Lichtimpulses am Objekt resultiert, und Umwandlung des Echolichtimpulses in ein elektrisches Signal;
- 30 eine Analog/Digital-Umsetzereinrichtung zum Umsetzen des elektrischen Signalausganges aus der Fotodetektoreinrichtung in digitale Daten synchron mit den einzelnen Taktimpulsen des verzögerten Taktimpulssignals; eine Speichereinrichtung zur aufeinanderfolgenden Speicherung der digitalen Daten, die aus der Analog/Digital-Umsetzereinrichtung erhalten wurden; und eine Verarbeitungseinrichtung, um unterschiedliche Verzögerung den verzögerten Taktimpulssignalen zu erteilen, die jeweils für N Lichtimpulsaussendungen erzeugt wurden, und Zusammensetzen von N Echolichtimpuls-Abfragedaten, die in der Speichereinrichtung gespeichert sind, indem die Echolichtimpuls-Abfragedaten zeitlich seriell geordnet werden, um dadurch arithmetisch die Entfernung zum Objekt auf der Grundlage der durch das Zusammensetzen erhaltenen Impulswellenform zu bestimmen.

Bei dem vorstehend beschriebenen Aufbau der Entfernungsmessvorrichtung oder Abstandsmessvorrichtung wird ein Taktimpulssignal vorgegebener Frequenz, das durch die Taktimpuls-generatoreinrichtung erzeugt wird, durch die Taktimpulsverzögerungseinrichtung um einen Betrag verzögert, der durch die Verarbeitungseinrichtung festgesetzt wird, wodurch ein verzögertes Taktimpulssignal erzeugt wird. Ferner bestimmt die Verarbeitungseinrichtung einen Speicherbereich zur Speicherung der Echoimpulssignaldaten und steuert die Lichtimpulsabgabe zur Lichtimpuls-generatoreinrichtung. Abhängig von dem Steuerbefehl sendet die Lichtimpuls-generatoreinrichtung einen Lichtimpuls synchron mit einem ersten Auftreten des Taktimpulses aus. Der von einem in Frage stehenden Objekt zurückreflektierte Echolichtimpuls wird von der Fotodetektoreinrichtung empfangen und erfährt eine fotoelektrische Umwandlung. Ein von der Fotodetektoreinrichtung ausgegebenes elektrisches Signal wird verstärkt und der Analog/Digital-Umsetzereinrichtung zugeführt, wodurch das eingeebene elektrische Signal synchron mit dem Taktimpulssignal abgefragt wird. Die auf diese Weise erhaltenen digitalen Daten werden in dem Speicherbereich gespeichert, der durch die Verarbeitungseinrichtung synchron mit dem verzögerten Taktimpulssignal festgelegt wird. Während einer Zeitdauer, die einem Entfernungsbereich für die Messung entspricht, werden die A/D-Umsetzung und die Speicherung der digitalen Daten im Speicherbereich wiederholt durchgeführt. Die A/D-Umsetzung wird nach dem Ablauf der vorstehend aufgeführten Zeitdauer angehalten. Anschließend legt die Verarbeitungseinrichtung einen neuen Speicherbereich des Speichers fest, der verschieden vom vorausgehenden Bereich ist, und ändert gleichzeitig den Betrag der Verzögerung, der dem Taktimpulssignal erteilt werden soll. Anschließend wird die Routine einschließlich der vorstehend beschriebenen Lichtimpulsaussendung bis zur Speicherung der digitalen Daten im Speicher erneut durchgeführt. Dieser Vorgang wird mehrmals wiederholt. In Verbindung hiermit wird der Betrag, um den das Taktimpulssignal verzögert wird, als ein Quotient bestimmt, der durch Teilen der Periode des Taktimpulssignals durch die Anzahl von Malen erhalten wird, die der vorstehende Vorgang wiederholt wird. Schließlich liest die Verarbeitungseinheit aus den Speicherbereichen die Daten aus, die sich jeweils aus den A/D-Umsetzungen ergeben, und ordnet aufeinanderfolgend die Daten auf zeitlich serieller Grundlage, beginnend mit den zuerst erhaltenen Daten, worauf die Verarbeitungseinrichtung arithmetisch die Entfernung zum Objekt auf der Grundlage einer Wellenform bestimmt, die aus den geordneten Daten zusammengesetzt wurde.

Ferner wird gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung eine Entfernungsmessvorrichtung zur Messung einer Entfernung zu einem in Frage stehenden Objekt geschaffen, die gekennzeichnet ist durch:

- 65 eine Taktimpulserzeugungseinrichtung zur Erzeugung eines Taktimpulssignals mit einer vorgegebenen Frequenz; eine Impulserzeugungseinrichtung zur Erzeugung eines Lichtimpulses oder einer gepulsten elektromagnetischen Welle;

eine Detektoreinrichtung zur Erfassung eines Echoimpulses, der aus der Reflexion des Lichtimpulses oder der gepulsten elektromagnetischen Welle am Objekt resultiert;
 eine Analog/Digital-Umsetzeinrichtung zum Umsetzen eines Echosignalausganges aus der Detektoreinrichtung in digitale Daten synchron mit dem Taktimpulssignal;
 eine Speichereinrichtung zur aufeinanderfolgenden Speicherung des digitalen Datenausganges der Analog/Digital-Umsetzeinrichtung auf zeitlich serieller Grundlage; und
 eine Verarbeitungseinrichtung zur Verarbeitung der in der Speichereinrichtung gespeicherten Daten, um dadurch arithmetisch die Entfernung zum Objekt auf der Grundlage der zeitlich seriellen digitalen Daten zu bestimmen.

Bei diesem Aufbau der Entfernungsmessvorrichtung wird der aus der Impulsgeneratoreinrichtung ausgesandte Impuls von einem in Frage stehenden Objekt zurückreflektiert und als ein Echoimpuls erfaßt, der dann eine fotoelektrische Umwandlung und die A/D-Umsetzung synchron mit dem Taktimpulssignal erfährt. Für eine Zeitdauer, die einem Entfernungsbereich für die Messung entspricht, wird die A/D-Umsetzung und die Speicherung des Ergebnisses desselben in einem Speicher wiederholt durchgeführt. Nach Ablauf der obigen Zeitdauer wird die A/D-Umsetzung angehalten, worauf die in der Speichereinrichtung gespeicherten Ergebnisse der A/D-Umsetzung durch die Verarbeitungseinrichtung ausgelesen werden, die dann arithmetisch die Entfernung zum Objekt auf der Grundlage der aus der Speichereinrichtung ausgelesenen Ergebnisse der A/D-Umwandlung bestimmt.

Schließlich wird gemäß einem vierten Aspekt der Erfindung eine Entfernungsmessvorrichtung zur Messung einer Entfernung zu einem in Frage stehenden Objekt geschaffen, die gekennzeichnet ist durch:
 eine Taktimpulserzeugereinrichtung zur Erzeugung eines Taktimpulssignals mit einer vorgegebenen Frequenz;
 eine Impulserzeugereinrichtung zur Erzeugung eines Lichtimpulses oder einer gepulsten elektromagnetischen Welle;

eine Detektoreinrichtung zur Erfassung eines Echoimpulses, der aus der Reflexion des Lichtimpulses oder der gepulsten elektromagnetischen Welle am Objekt resultiert;
 eine Analog/Digital-Umsetzeinrichtung zum Umsetzen des Echoimpulssignalausganges aus der Detektoreinrichtung in digitale Daten synchron mit dem Taktimpulssignal;
 eine Speichereinrichtung zur aufeinanderfolgenden Speicherung des digitalen Datenausganges der Analog/Digital-Umsetzeinrichtung auf einer zeitlich seriellen Grundlage; und
 eine Verarbeitungseinrichtung zur Mittelung der Daten, die aus der Analog/Digital-Umsetzeinrichtung erhalten und jeweils in der Speichereinrichtung für eine vorgegebene Zahl von Impulsaussendungen gespeichert sind, und arithmetische Bestimmung der Entfernung zum Objekt auf der Grundlage eines Satzes, die durch den Durchschnittswertbildungsvorgang erhalten wurden.

Bei diesem Aufbau der Entfernungsmessvorrichtung wird der aus der Impulsgeneratoreinrichtung ausgesandte Impuls von einem in Frage stehenden Objekt zurückreflektiert und als ein Echoimpuls erfaßt, der dann eine fotoelektrische Umwandlung und die A/D-Umsetzung synchron mit dem Taktimpulssignal erfährt. Während einer Zeitdauer, die einem Entfernungsbereich für die Messung entspricht, wird die A/D-Umsetzung und die Speicherung des Ergebnisses desselben im Speicher wiederholt durchgeführt. Nach Ablauf der vorstehend aufgeführten Zeitdauer wird die A/D-Umsetzung angehalten. Die Verarbeitungseinrichtung liest dann die Ergebnisse der A/D-Umsetzungen, die für eine Anzahl der Impulserzeugungen durchgeführt wurden, aus dem Speicher aus und mittelt die Ergebnisse. Auf der Grundlage der Daten, die aus der Mittelwertbildung erhalten wurden, bestimmt die Verarbeitungseinrichtung arithmetisch die Entfernung zum Objekt.

Die vorstehend aufgeführten, sowie weitere Aufgabenstellungen, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich im einzelnen aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungen derselben in Verbindung mit den anliegenden Zeichnungen; es zeigt

Fig. 1 ein Blockschaltbild, das den allgemeinen Aufbau einer Entfernungsmessvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung angibt;

Fig. 2 eine Wellenformdarstellung zur Erläuterung des Betriebes der Vorrichtung nach Fig. 1;

Fig. 3 ein Blockschaltbild, das den allgemeinen Aufbau einer Entfernungsmessvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung angibt;

Fig. 4 eine Wellenformdarstellung, die den Betrieb der Vorrichtung nach Fig. 3 angibt;

Fig. 5 ein Blockschaltbild, das den allgemeinen Aufbau einer Entfernungsmessvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung angibt;

Fig. 6 eine Wellenformdarstellung, die den Betrieb der in Fig. 5 angegebenen Vorrichtung angibt;

Fig. 7 ein Blockschaltbild, das den allgemeinen Aufbau einer Entfernungsmessvorrichtung gemäß einer vierten erfindungsgemäßen Ausführung angibt;

Fig. 8 eine Wellenformdarstellung, die den Betrieb der Vorrichtung nach Fig. 7 angibt.

Fig. 9 ein Blockschaltbild, das den Aufbau einer bekannten Entfernungsmessvorrichtung angibt; und

Fig. 10 eine Wellenformdarstellung, die den Betrieb der Vorrichtung nach Fig. 9 darstellt.

Die Erfindung wird nunmehr im einzelnen in Verbindung mit bevorzugten oder beispielhaften Ausführungsformen derselben unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert.

Fig. 1 ist ein Blockschaltbild, das allgemein die Anordnung einer Entfernungsmessvorrichtung (Abstandsmessvorrichtung) gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung darstellt. In der Figur bezeichnet das Bezugszeichen (1) einen Impulsgeber zur Aussendung eines Lichtimpulses in synchroner zeitlicher Steuerung mit einem gegebenen oder vorgegebenen der verzögerten, nachstehend beschriebenen Taktimpulse, das Bezugszeichen (2) bezeichnet einen Taktimpulsgeber zur Erzeugung eines Taktimpulssignals, das eine Folge von Einzelimpulsen aufweist und eine Impulswiederholungsfrequenz von beispielsweise 30 MHz hat, und das Bezugszeichen (11) bezeichnet eine Taktimpuls-Verzögerungsschaltung, die aus einem programmierbaren Verzögerungsgenerator

bestehen kann (wie er im Handel von der Analogue Devices Incorporation unter der Handelsbezeichnung "IC AD9501" erhältlich ist) und der dazu dient, die vorstehend aufgeführten, vom Taktimpulsgenerator (2) erzeugten Taktimpulse um eine vorgegebene Verzögerungszeit zu verzögern (beispielsweise um einen Betrag von $(N-1) \times 20,8$ ns, wobei N eine ganze Zahl ist, die angibt, wie oft der Lichtimpuls für eine einzelne Entfernungsmessung ausgesandt werden soll und die einen Zahlenwert im Bereich von 2 bis 16 annehmen kann), wobei der jeweilige verzögerte Taktimpuls dann wie vorstehend beschrieben dem Impuls laser (1) zugeführt wird. Ferner bezeichnet das Bezugszeichen (3) eine Fotodetektorschaltung mit einer fotoelektrischen Umwandlungsfunktion und einer Verstärkerfunktion, das Bezugszeichen (4) bezeichnet einen Analog/Digital (A/D)-Umsetzer (Flash-Typ), der in der Lage ist, mit hoher Geschwindigkeit zu arbeiten und das Ausgangssignal der Fotodetektorschaltung (3) in ein entsprechendes digitales Signal oder digitale Daten synchron mit dem erwähnten Taktimpulssignal umzusetzen, das Bezugszeichen (5) bezeichnet einen Speicher zur Speicherung der digitalen Daten, die sich aus der A/D-Umsetzung ergeben, und das Bezugszeichen (6) bezeichnet einen Adreßgenerator zur Erzeugung eines Zeitsteuersignals zur A/D-Umsetzung für den A/D-Umsetzer (4), synchron mit dem vorstehend aufgeführten Taktimpulssignal, das eine niedrigstwertige Adresse eines Speicherbereiches im Speicher (5) zur Speicherung des Ergebnisses der A/D-Umsetzung bestimmt, die vom A/D-Umsetzer (4) durchgeführt wird, indem die vorstehend erwähnten Taktimpulse gezählt und die Anzahl der Abtastungen für die A/D-Umsetzung bestimmt werden, die für ein einzelnes Lasern (d. h. eine Lichtaussendung) des Impuls lasers (1) bewirkt werden sollen. Das Bezugszeichen (7) bezeichnet eine Verarbeitungseinheit, die dazu dient, die Lichtimpulsaussendung des Impuls lasers (1) zu triggern, sowie die Bezeichnung einer höchstwertigen Adresse des vorstehend erwähnten Speicherbereiches im Speicher (5), die Bestimmung einer Größe der Verzögerung, die an der Taktimpuls-Verzögerungsschaltung eingestellt wird und die arithmetische Bestimmung der Entfernung auf der Grundlage einer Wellenform des Echoimpulssignals, das durch Zusammensetzen der im Speicher (5) gespeicherten Daten erhalten wird, wie anschließend beschrieben wird. Schließlich bezeichnet das Bezugszeichen (10) ein Objekt, dessen Entfernung gemessen werden soll. Im Falle der dargestellten Ausführungsform wird die Größe der Verzögerung, die an der Taktimpulsverzögerungsschaltung (11) durch die Verarbeitungseinheit (7) eingestellt werden soll, als 1/16 einer Periode des Taktimpulssignals ausgewählt, das eine Frequenz von 30 MHz hat, d. h. eine Verzögerung von etwa 20,8 ns.

Fig. 2 ist eine Zeitablaufdarstellung zur Verdeutlichung des Betriebs der Entfernungsmessvorrichtung mit dem vorstehend beschriebenen Aufbau.

Nunmehr wird die Beschreibung auf dem Betrieb der Entfernungsmessvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 2 in Verbindung mit Fig. 1 abgestellt.

Zuerst bringt die Verarbeitungseinheit (7) die Größe "0" (Null) an die höchstwertige Adresse des Speichers (5), um dadurch "0" (Null) an der Taktimpuls-Verzögerungsschaltung (11) einzustellen, so daß letztere eine Verzögerungszeit von 0 s erzeugt. Somit verzögert die Taktimpuls-Verzögerungsschaltung (11) den Taktimpuls ausgang (Fig. 2 (d)) seitens des Taktimpuls generators (2), um die eingestellte Größe. Die verzögerten Taktimpulse (Fig. 2 (e)) werden dann zum Impuls laser (1) ausgegeben. Gleichzeitig triggert die Verarbeitungseinheit (7) das Lasern des Impuls lasers, wie in Fig. 2 bei (a) dargestellt ist. Abhängig vom Triggersignal sendet der Impuls laser (1) einen Lichtimpuls synchron mit der ersten oder führenden, verzögerten Taktimpulsfolge (Fig. 2 (e)) aus, wie in Fig. 2 bei (b) dargestellt ist.

Der Adreßgenerator (6) spricht ebenfalls auf den Triggersignaleingang aus der Verarbeitungseinheit (7) an und beginnt ein Zählen der Taktimpulse, die vom Taktimpuls generator (2) geliefert werden, beginnend mit einer Zählung von Null. Der Zählvorgang des Adreß generators (6) wird zu dem Zeitpunkt angehalten, wenn der Zählbetrag, der einen Zeitablauf entsprechend einem vorgegebenen Entfernungsbereich für die Messung darstellt, erzielt worden ist. Es wird auf Fig. 2 bis (f) hingewiesen. Der aus dem Impuls laser (1) ausgesandte Lichtimpuls (b) wird durch das in Frage stehende Objekt (10) reflektiert. Der durch diese Reflexion erhaltene Echolichtimpuls wird dann von der Fotodetektorschaltung (3) empfangen, die dann ein entsprechendes elektrisches Signal (Fig. 2 (c)) nach einer Verstärkung ausgibt. Das Ausgangssignal (c) der Fotodetektorschaltung (3) erfährt dann eine Analog/Digital (A/D)-Umsetzung durch den A/D-Umsetzer (4), synchron mit jeder Anstiegsflanke des Taktimpulses, der durch den Taktimpuls generator (2) unter zeitlicher Steuerung des A/D-Umsetzung-Abfragesignals, das aus dem Adreß generator (6) geliefert wird, das in Fig. 2 bei (g) gezeigt ist, wobei die Zahlen (1) bis (16) in ihrer Folge die Anzahl angeben, wie oft der Lichtimpuls erzeugt wird, während Kreise die Werte darstellen, die sich aus der Abfrage bei der A/D-Umsetzung ergeben. Das Ergebnis der A/D-Umsetzung wird synchron mit der abfallenden Flanke des Taktimpulses im Speicher (5) in dem Bereich gespeichert, der die höchstwertige Adresse hat, die vorausgehend durch die Verarbeitungseinheit (7) bestimmt wurde, und die niedrigstwertige Adresse, die durch den Zählbetrag des Adreß generators (6) bestimmt wurde. Die A/D-Umsetzung wird wiederholt, bis der Zählvorgang des Adreß generators (6) angehalten wird.

Nach Beendigung des Betriebes der Speicherung der Ergebnisse der vorstehend aufgeführten A/D-Umsetzung für die erste Lichtimpulsaussendung, inkrementiert die Verarbeitungseinheit (7) die höchstwertige Adresse des vorstehend aufgeführten Speicherbereiches, um dadurch eine auf den neuen Stand gebrachte, höchstwertige Adresse eines Speicherbereiches zur Speicherung von Daten festzulegen, die aus einem nachfolgenden Lasern und einer A/D-Umsetzung erhalten werden. Ferner inkrementiert die Verarbeitungseinheit (7) die Größe der Verzögerung, die an der Taktimpuls-Verzögerungsschaltung (11) auf 20,8 ns eingestellt werden soll und triggert erneut das Lasern des Impuls lasers (1), worauf die Durchführung einer Verarbeitung, ähnlich der vorstehend beschriebenen für das erste Lasern, wiederholt wird.

Hat die Häufigkeit, mit welcher der Lichtimpuls ausgesandt worden ist (d. h. die Anzahl des Laserns) eine vorgegebene Zahl erreicht, beispielsweise 16 (sechzehn), wobei die Daten, die sich aus den A/D-Umsetzungen ergeben, die für die 16 Echolichtimpulse durchgeführt wurden, in den jeweiligen Speicherbereichen gespeichert worden sind, liest die Verarbeitungseinheit (7) aufeinanderfolgend diese Daten aus den betreffenden Bereichen des Speichers (5) aus und ordnet sie in zeitlich serieller Folge der Lichtimpulsaussendungen oder Laservorgänge,

worauf 16 Echolichtimpuls-Wellenformdaten, die durch die A/D-Umsetzungen für die 16 Echolichtimpulssignale erhalten wurden, in eine Wellenform zusammengesetzt werden. Hierzu können die digitalen Daten, die sich aus der A/D-Umsetzung, die für die erste Lichtimpulssendung durchgeführt wurde, mit den Daten interpoliert werden, die zu den entsprechenden Zeitpunkten jeweils im zweiten bis sechzehnten Lichtimpulsaussendungszyklus erhalten wurden. Somit kann eine zusammengesetzte Wellenform erhalten werden, die einer Wellenform äquivalent ist, die bei der A/D-Umsetzung erhalten werden kann, die bei einer 16mal höheren Abtast- oder Taktimpulsfrequenz durchgeführt wird (d. h. einer äquivalenten Frequenz von 480 MHz im Falle der dargestellten Ausführungsform), wie sich aus der in Fig. 2 bei (h) dargestellten Wellenform ergibt.

Ein Maximalwert der zusammengesetzten Echolichtimpuls-Wellenform (h) wird dann als Scheitel des Echolichtimpulses bestimmt. Anschließend wird auf der Grundlage der Anzahl der Taktimpulse, die erzeugt worden sind, bevor der Scheitel in der zusammengesetzten Wellenform auftritt (und die aus dem Wert der niedrigstwertigen Adresse zum Zeitpunkt des Vorliegens des Scheitels bestimmt werden können), die Zeit (entsprechend D in Fig. 2) bestimmt, die zwischen der Lichtimpulsaussendung des ImpulsLasers (1) und der Aufnahme des Echoimpulssignals, um in eine Entfernung (s) zum Objekt, entsprechend folgender Gleichung (2) übersetzt zu werden:

$$S = [(n \times C)/(f \times N)]/2 \quad (2)$$

wobei n die Anzahl der Taktimpulse darstellt, die vor dem Auftreten des Scheitels in der zusammengesetzten Wellenform erzeugt wurden, gezählt von einem Zeitpunkt, an dem der erste Lichtimpuls ausgesandt wird; C die Lichtgeschwindigkeit darstellt;

f die Frequenz des Taktimpulssignals darstellt, das vom Taktgenerator (2) erzeugt wird, und N die Zahl angibt, wie oft der Lichtimpuls für eine einzelne Entfernungsmessung ausgesandt wird.

Wird beispielsweise angenommen, daß bei der dargestellten Ausführungsform der Scheitel beim 200sten Taktimpuls, gezählt ab der Aussendung des ersten Lichtimpulses, auftritt, so kann die Entfernung S zum Objekt (10) wie folgt bestimmt werden:

$$62,5 \text{ m} = [(200 \times 3 \times 10^3)/(30 \times 16 \times 10^6)]/2$$

Als nächstes wird eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Entfernungsmessvorrichtung unter Bezugnahme auf die Fig. 3 und 4 beschrieben.

Wie aus einem Vergleich der Fig. 1 mit der Fig. 3 hervorgeht, sind der Aufbau wie auch die Komponenten der Entfernungsmessvorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform im wesentlichen die gleichen wie bei der vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsform, außer daß die Taktimpuls-Verzögerungsschaltung (11) derart angeschlossen ist, daß sie den Zeitpunkt für die Abfrage des Ausgangs der Fotodetektorschaltung (3) verzögert, anstatt die Lichtimpulsaussendung des ImpulsLasers (1) zu verzögern. Somit werden in Fig. 3 die gleichen Bezugszeichen verwendet, um gleiche Bauelemente wie in Fig. 1 gezeigt zu bezeichnen, und die Beschreibung betreffend den Aufbau der Entfernungsmessvorrichtung nach der zweiten Ausführungsform unterbleibt.

Nachfolgend wird der Betrieb der zweiten Ausführungsform unter Bezugnahme auf Fig. 4 erläutert, die eine Zeitablaufdarstellung zur Verdeutlichung des Betriebes der Entfernungsmessvorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform ist.

Die Verarbeitungseinheit (7) plazierte "0" (Null) an die höchstwertige Adresse des Speichers (5), um dadurch "0" (Null) an der Taktimpuls-Verzögerungsschaltung (11) einzustellen, so daß letztere eine Verzögerungszeit von 0 ns erzeugt. Somit verzögert die Taktimpuls-Verzögerungsschaltung (11) den Taktimpulsausgang (Fig. 4, (d)) am Taktimpulsgenerator (2) um den eingestellten Betrag. Andererseits triggert die Verarbeitungseinheit (7) das Lasern des ImpulsLasers (1), wie in Fig. 4 bei (a) dargestellt ist. Abhängig von dem Triggersignal sendet der ImpulsLaser (1) einen Lichtimpuls synchron mit der ersten oder führenden Taktimpulsfolge aus (Fig. 4, (d)), erzeugt vom Taktimpulsgenerator (2) gemäß Fig. 4 bei (b).

Der Adreßgenerator (6) spricht ferner auf den Triggersignaleingang aus der Verarbeitungseinheit (7) an, um die Zählung der verzögerten Taktimpulse (Fig. 4, (e)) zu beginnen, die von der Taktimpuls-Verzögerungsschaltung (11) geliefert werden, beginnend mit der Zählung von "0". Der Zählbetrieb des Adreßgenerators (6) wird zu dem Zeitpunkt angehalten, wenn der Zählbetrag erreicht ist, der einen Zeitablauf darstellt, der einem vorgegebenen Entfernungsbereich für die Messung entspricht. Es wird auf Fig. 4 bei (f) Bezug genommen: Der vom ImpulsLaser ausgesandte Lichtimpuls (b) wird von einem in Frage stehenden Objekt (10) reflektiert. Der sich aus der Reflexion ergebende Echolichtimpuls wird dann von der Fotodetektorschaltung (3) empfangen, die darauf ein entsprechendes elektrisches Signal (Fig. 4, (c)) nach Verstärkung abgibt. Das Ausgangssignal (c) der Fotodetektorschaltung (3) erfährt anschließend die Analog/Digital (A/D)-Umsetzung durch den A/D-Umsetzer (4) synchron mit jeder Anstiegsflanke des verzögerten Taktimpulses, der von der Taktimpuls-Verzögerungsschaltung (11) unter zeitlicher Steuerung des A/D-Umsetzung-Abfragesignals erzeugt wird, das vom Adreßgenerator (6) geliefert wird, wie in Fig. 4 bei (g) dargestellt ist. Das Ergebnis der A/D-Umsetzung wird synchron mit der abfallenden Flanke des Taktimpulses im Speicher (5) an einem Bereich mit der höchstwertigen Adresse gespeichert, die vorausgehend durch die Verarbeitungseinheit (7) bestimmt wurde, und der niedrigstwertigen Adresse durch den Zählbetrag des Adreßgenerators (6) bestimmt wurde. Die A/D-Umsetzung wird wiederholt bis der Zählbetrieb des Adreßgenerators (6) angehalten wird.

Nach Beendigung der Speicherung des Ergebnisses der vorstehend aufgeführten A/D-Umsetzung für die erste Lichtimpulsaussendung, inkrementiert die Verarbeitungseinheit (7) die höchstwertige Adresse des vorstehend aufgeführten Speicherbereiches, um dadurch eine auf den neuen Stand gebrachte höchstwertige Adresse eines Speicherbereiches zur Speicherung von Daten einzustellen, die von einem nachfolgenden Lasern und einer

nachfolgenden A/D-Umsetzung erhalten wurden. Ferner inkrementiert die Verarbeitungseinheit (7) den Betrag der Verzögerung, der an der Taktimpuls-Verzögerungsschaltung (11) eingestellt werden soll, um 20,8 ns und triggert erneut das Lasern des Impulslasers (1), worauf die Durchführung der Verarbeitung ähnlich zu der vorstehend beschriebenen für das erste Lasern wiederholt wird.

Ist die Anzahl 16 (sechzehn) erreicht, wie oft der Lichtimpuls ausgesandt wird, wobei die Daten, die sich aus den A/D-Umsetzungen für die 16 Echolichtimpulse ergeben, gespeichert worden sind, so liest die Verarbeitungseinheit (7) aufeinanderfolgend diese Daten aus den zugehörigen Bereichen des Speichers (5) aus und ordnet sie in zeitlich serieller Folge der Lichtimpulsaussendungen, worauf 16 Echolichtimpuls-Abfragewellenformen, die durch die Ergebnisse der A/D-Umsetzungen für die 16 Echolichtimpulse erhalten wurden, in eine Wellenform zusammengesetzt werden. Hierzu können die Daten, die sich aus der A/D-Umsetzung ergeben, die für die erste Lichtimpulsaussendung durchgeführt wurde, mit den Daten interpoliert werden, die zu den entsprechenden Zeitpunkten jeweils bei der 2. bis 16. Lichtimpulsaussendung erhalten wurden. Somit kann eine zusammengesetzte Wellenform erzielt werden, die einer Wellenform äquivalent ist, die aus der A/D-Umsetzung erhalten wurde, die bei einer 16mal höheren Abtast- oder Taktimpulsfrequenz (480 MHz) durchgeführt wird, wie aus der zusammengesetzten Wellenform gemäß Fig. 4 bei (h) ersichtlich ist.

Ein maximaler Wert der zusammengesetzten Echolichtimpulswellenform wird dann als der Scheitel des Echolichtimpulses bestimmt. Anschließend wird auf der Grundlage der Lage des Scheitels in der zusammengesetzten Wellenform, beispielsweise der Anzahl der Taktimpulse, die vor dem Auftreten des Scheitels erzeugt wurden (die geradewegs aus dem Wert der niedrigstwertigen Adresse des Speichers (5) zum Zeitpunkt des Vorliegens des Scheitels bestimmt werden kann), die Zeit (entsprechend (T) in Fig. 4), die zwischen der Lichtimpulsaussendung des Impulslasers (1) und dem Empfang des Echolichtimpulses liegt, bestimmt und wird in eine Entfernung zum Objekt in Einklang mit der Gleichung (2) umgewandelt, die vorausgehend in Verbindung mit der ersten Ausführungsform aufgeführt wurde.

Wie nunmehr aus der vorstehenden Beschreibung ersichtlich ist, ist es gemäß der in den vorstehend dargelegten Ausführungsbeispielen enthaltenen Lehre der Erfindung möglich, das aufgenommene Echolichtimpulssignal mit einer Abtastfrequenz abzufragen, die 16mal höher als die obere Grenzfrequenz von 30 MHz ist, auf die die bekannte digitale, integrierte Schaltung ansprechen kann. Infolgedessen kann das Auflösungsvermögen der Entfernungsmessung bis zum 16fachen des Auflösungsvermögens erhöht werden, das mit der Abfrage bei einer Frequenz von 30 MHz realisiert werden kann (d. h. die Auflösung von 5 m kann auf 0,3125 m, 1/16 von 5 m, erhöht werden). Es versteht sich, daß die Auflösung ferner erhöht werden kann, indem die äquivalente Abtastfrequenz erhöht wird, was erreicht werden kann, indem die Verzögerungseinheit kürzer eingestellt wird.

Ferner kann gemäß der Lehre der Erfindung, daß die Position des Scheitels in der Wellenform, die aus den Daten zusammengesetzt wurde, die mittels A/D-Umsetzungen für eine Anzahl von Echoimpulssignalen erhalten wurde, als die Position des Objektes (10) darstellend identifiziert wird, das Problem der bekannten Abstandsmessvorrichtung, wonach ein Fehler infolge der Verarbeitung durch Verwendung des Schwellenwertpegels enthalten ist, wie vorausgehend erläutert wurde, zufriedenstellend gelöst werden, so daß die Entfernungsmessung mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden kann. Zusätzlich kann die Linearität der Entfernungsmessung ebenfalls beträchtlich verbessert werden.

Die Beschreibung ist nunmehr auf eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Entfernungsmessvorrichtung unter Bezugnahme auf die Fig. 5 und 6 gerichtet. Die vorliegende Ausführungsform ist darauf abgestellt, die Entfernungsmessvorrichtung zu realisieren, indem die Taktimpuls-Verzögerungsschaltung, die bei der ersten und zweiten Ausführungsform verwendet wird, wegzulassen, während die vorteilhaften Wirkungen der letzteren gewährleistet sind.

Fig. 5 ist ein Blockschaltbild des allgemeinen Aufbaus der Entfernungsmessvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung. In Fig. 5 bezeichnet das Bezugszeichen (1) einen Impulslaser, (2) einen Taktimpulsgenerator zur Erzeugung von Taktimpulsen mit einer Impulswiederholungsfrequenz von beispielsweise 300 MHz, (3) bezeichnet eine Fotodetektorschaltung, (4) bezeichnet einen Analog/Digital (A/D)-Umsetzer (Flash-Typ), der eine A/D-Umsetzung mit hoher Geschwindigkeit durchführen kann, um das Ausgangssignal aus der Fotodetektorschaltung in ein entsprechendes digitales Datensignal umzusetzen, (5) bezeichnet einen Speicher in ECL-Ausführung mit einer sehr kurzen Zugriffszeit, und (6) bezeichnet einen Adreßgenerator zur Erzeugung eines Zeitsteuersignals zur A/D-Umsetzung für den A/D-Umsetzer (4) synchron mit den Taktimpulsen, die aus dem Taktimpulsgenerator (2) ausgegeben werden, die Adressen des Speichers (5) bestimmen, um jeweils die Ergebnisse der vom A/D-Umsetzer (4) durchgeführten A/D-Umsetzung zu speichern, indem die vorstehend erwähnten Taktimpulse gezählt werden und die die Anzahl bestimmen, wie oft die A/D-Umsetzung für eine einzelne Lichtimpulsaussendung des Impulslasers (1) vorgenommen werden soll. Das Bezugszeichen (7) bezeichnet eine Verarbeitungseinheit, deren Betrieb anschließend beschrieben wird, und das Bezugszeichen (10) bezeichnet ein Objekt, dessen Entfernung gemessen werden soll.

Fig. 6 ist eine Zeitablaufdarstellung zur Erläuterung des Betriebes der Entfernungsmessvorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform der Erfindung.

Zunächst erfolgt die Beschreibung der vorliegenden Ausführungsform unter Bezugnahme auf Fig. 6 zusammen mit Fig. 5.

Die Verarbeitungseinheit (7) triggert das Lasern des Impulslasers (1), wie in Fig. 6 bei (a) gezeigt ist. Abhängig von dem Triggersignal sendet der Impulslaser (1) einen Lichtimpuls aus, wie in Fig. 6 bei (b) dargestellt ist. Ferner spricht der Adreßgenerator (6) ebenfalls auf das von der Verarbeitungseinheit (7) gelieferte Triggersignal an und beginnt die Zählung der Taktimpulse (Fig. 6 (d)), die vom Taktimpulsgenerator (2) geliefert werden, beginnend mit der Zählung Null, wie in Fig. 6 bei (e) gezeigt ist. Der Zählbetrieb des Adreßgenerators (6) wird zu dem Zeitpunkt angehalten, wenn der Zählbetrag, der einen Zeitablauf darstellt, der einem vorgegebenen Entfernungsbereich für die Messung entspricht, erreicht worden ist. Der aus dem Impulslaser (1) ausgesandte

Lichtimpuls wird von dem in Frage stehenden Objekt (10) reflektiert. Der sich aus der Reflexion ergebende Echoimpuls wird von der Fotodetektorschaltung (3) aufgenommen, die dann ein entsprechendes elektrisches Signal nach Verstärkung abgibt, wie in Fig. 6 bei (c) dargestellt ist. Das Ausgangssignal der Fotodetektorschaltung erfährt anschließend eine Analog/Digital (A/D)-Umsetzung seitens des A/D-Umsetzers (4) unter einer zeitlichen Steuerung der Abfrage, die synchron mit den Anstiegsflanken der Taktimpulse ist, wie in Fig. 6 bei (f) dargestellt wird. Die Ergebnisse der A/D-Umsetzung werden im Speicher (5) synchron mit den abfallenden Flanken der Taktimpulse im Speicher (5) an Adressen gespeichert, die jedem Zählbetrag des Adreßgenerators (6) entsprechen. Die A/D-Umsetzung wird wiederholt, bis der Zählbetrieb des Adreßgenerators (6) angehalten wird.

Nach Beendigung des Betriebes einschließlich der A/D-Umsetzung bis zur Speicherung der Ergebnisse der A/D-Umsetzung im Speicher (5) für die Lichtimpulsaussendung, liest die Verarbeitungseinheit (7) aufeinanderfolgend die gespeicherten Datenwerte aus dem Speicher (5) aus und identifiziert den maximalen Wert der ausgelesenen Werte als den Scheitel des Echolichtimpulses darstellend, worauf der Zeitablauf (T) (Fig. 6), der bis zum Auftreten des Scheitels des Echolichtimpulses aus der Lichtimpulsaussendung vorliegt, auf der Grundlage des Datenwertes der Adresse bestimmt wird, bei der der Scheitelwert identifiziert wird. Auf der Grundlage der in dieser Weise bestimmten Zeit (entsprechend der Zeit (T) nach Fig. 6) kann die Entfernung zu dem in Frage stehenden Objekt bestimmt werden. Dabei kann die Entfernung (S) entsprechend folgender Gleichung bestimmt werden:

$$S = [(n/f) \times C]/2 \quad (3)$$

wobei n die Anzahl der Taktimpulse darstellt, die erzeugt werden, bevor der Scheitel in den im Speicher gespeicherten Daten auftritt, gezählt von einem Zeitpunkt, an dem der Impuls laser getriggert wird; C die Lichtgeschwindigkeit darstellt; und

f die Frequenz des Taktimpulssignals darstellt, das vom Taktgenerator (2) erzeugt wird.

Wird beispielsweise angenommen, daß bei der dargestellten Ausführungsform der Scheitel beim 300. Taktimpuls auftritt, gezählt ausgehend von der Triggerung des Impuls lasers, so kann die Entfernung (S) zum Objekt (10) wie folgt bestimmt werden:

$$100 \text{ m} = [200/(30 \times 10^6)] \times (3 \times 10^8)/2$$

Wie aus der vorstehenden Beschreibung hervorgeht, kann im Falle der dritten Ausführungsform der Erfindung die Taktimpuls-Verzögerungsschaltung weggelassen werden, obgleich ein Taktimpuls generator erforderlich ist, der das Taktimpulssignal mit einer höheren Frequenz erzeugen kann als der entsprechende Impuls generator, der bei der ersten und zweiten Ausführungsform verwendet wird. Ferner wird das Signal, das den Echolichtimpuls darstellt, nicht direkt mit einem vorgegebenen Schwellenwert verglichen, wie im Falle der bekannten Entfernungsmessvorrichtung, sondern die digitalen Daten, die vom Ausgang der Fotodetektorschaltung (3) über die A/D-Umwandlung abgeleitet werden, werden einmal im Speicher (5) gespeichert und anschließend einer analytischen Verarbeitung durch die Verarbeitungseinheit (7) unterzogen, um das Maximum oder den Scheitelwert zu ermitteln. Dank dieses Merkmals kann eine fehlerhafte Erfassung als Folge von Störkomponenten, die sich aus der Streuung der ausgesandten Lichtimpulse an anderen Objekten als den anvisierten ergeben, sicher verhindert werden. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, daß die Impulsbreite des erfaßten Echolichtimpulses beträchtlich breiter als jene einer Schrottrauschkomponente ist, die im Ausgang der Fotodetektorschaltung überwiegt. Entsprechend ist es sehr einfach, die Signalkomponenten mit kurzer Dauer aus der Signalwellenform des Echolichtimpulses, die im Speicher 5 aufgezeichnet ist, mittels einer arithmetischen Verarbeitung auszuliefern. Dies bedeutet, daß nur die Signalkomponente, die den gültigen Echolichtimpuls darstellt, entnommen werden kann. In Verbindung hiermit sollte hinzugefügt werden, daß die Verarbeitungseinheit (7) eine geeignete digitale Filterschaltung zur Unterdrückung der Störkomponente enthalten kann. Auf diese Weise kann die fehlerhafte Erfassung des Echosignals unter der die bekannte Abstandsmeßvorrichtung leidet, befriedigend unterdrückt werden. Da ferner die Stellen des Scheitels des Echolichtimpulssignal geradewegs als die Position des in Frage stehenden Objektes betrachtet wird, können erfindungsgemäß Fehler vermieden werden, die durch einen Vergleich mit dem Schwellenwertpegel zustande kommen, so daß nicht nur die Entfernungsmessung mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden kann, sondern sie ebenfalls eine verbesserte Linearität aufweist.

Als nächstes wird eine vierte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Entfernungsmessvorrichtung unter Bezugnahme auf die Fig. 7 und 8 beschrieben, wobei Fig. 7 ein Blockschaltbild der Anordnung der Vorrichtung ist, und Fig. 8 eine Wellenformdarstellung des Betriebes derselben. Die vierte Ausführungsform unterscheidet sich von der dritten Ausführungsform dadurch, daß die Daten, die aus der A/D-Umsetzung erhalten und im Speicher (5) gespeichert werden, gemittelt werden und die Entfernung auf der Grundlage des Ergebnisses der Durchschnittswertbildung bestimmt werden.

In Fig. 7 bezeichnet das Bezugszeichen (1) einen Impuls laser zur Aussendung eines Lichtimpulses, (2) bezeichnet einen Taktimpuls generator zur Erzeugung eines Taktimpulssignals mit einer Frequenz von beispielsweise 300 MHz, (3) bezeichnet eine Fotodetektorschaltung mit einer fotoelektrischen Umwandlungsfunktion und Verstärkungsfunktion, (4) bezeichnet einen Analog/Digital (A/D)-Umsetzer (Flash-Typ), der mit hoher Geschwindigkeit betrieben werden kann, um das Ausgangssignal aus der Fotodetektorschaltung (3) in ein entsprechendes digitales Datensignal umzusetzen, das Bezugszeichen (5) bezeichnet einen Speicher in ECL-Ausführung mit einer sehr kurzen Zugriffszeit zur Speicherung der digitalen Daten, die sich aus der A/D-Umsetzung ergeben, das Bezugszeichen (6) bezeichnet einen Adreß generator zur Erzeugung eines Zeitsteuersignals für die

A/D-Umsetzung für den A/D-Umsetzer (4) synchron mit dem Taktimpuls signalausgang aus dem Impuls generator (2), das eine niedrigstwertige Adresse des Speichers (5) zur Speicherung der Ergebnisse der A/D-Umsetzung bestimmt, die vom A/D-Umsetzer (4) durchgeführt werden, indem die Taktimpulse gezählt und die Anzahl bestimmt wird, wie oft die A/D-Umsetzung durchgeführt wird, das Bezugszeichen (7) bezeichnet eine Verarbeitungseinheit, die dazu dient, die Lichtimpuls ausgabe des Impuls lasers (1) zu triggern, eine höchstwertige Adresse des Speichers (5) zu bestimmen und arithmetisch die Entfernung, abhängig von den im Speicher (5) gespeicherten Daten.

Als nächstes erfolgt eine Beschreibung des Betriebes der Entfernungsmessvorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung, unter Bezugnahme auf Fig. 8 in Verbindung mit Fig. 7.

Die Verarbeitungseinheit (7) setzt "0" (Null) an der höchstwertigen Adresse des Speichers (5) und triggert darauf das Lasern des Impuls lasers (1), wie in Fig. 8 bei (a) dargestellt ist. Abhängig von dem Triggersignal gibt der Impuls laser (1) einen Lichtimpuls ab, wie in Fig. 8 bei (b) gezeigt ist. Ferner spricht der Adreßgenerator (6) ebenfalls auf das Triggersignal an und beginnt, die Taktimpulse (Fig. 8, (d)) zu zählen, die vom Taktimpuls generator (2) geliefert werden, beginnend mit der Zählung Null, wie in Fig. 8 bei (e) dargestellt ist. Der Zählbetrieb des Adreßgenerators (6) wird zu dem Zeitpunkt angehalten, wenn der Zählbetrag erreicht worden ist, der einem Zeitablauf entspricht, der einen vorgegebenen Entfernungsbereich darstellt. Der aus dem Impuls laser (1) ausgesandten Lichtimpulse wird durch das in Frage stehende Objekt (10) reflektiert. Der sich aus der Reflexion ergebende Echolichtimpuls wird darauf von der Fotodetektorschaltung (3) empfangen, die ein entsprechendes elektrisches Signal nach Verstärkung ausgibt, wie in Fig. 8 bei (c) dargestellt ist. Das Ausgangssignal der Fotodetektorschaltung (3) unterläuft darauf eine Analog/Digital (A/D)-Umsetzung seitens des A/D-Umsetzers (4) unter einer Zeitsteuerung, die synchron mit den Anstiegsflanken der Taktimpulse verläuft, die durch den Taktimpuls generator (4) erzeugt werden, wie in Fig. 8 bei (f) dargestellt ist, wobei die Zahlen (1) bis (16) angegeben, wie oft der Lichtimpuls ausgesandt wird. Die aus der A/D-Umsetzung resultierenden Daten werden synchron mit den abfallenden Flanken der Taktimpulse im Speicher (5) in einem Speicherbereich gespeichert, dessen höchstwertige Adresse vorausgehend durch die Verarbeitungseinheit (7) bestimmt wurde, wobei die niedrigstwertige Adresse durch den Zählbetrag des Adreßgenerators (6) bestimmt wird. Die A/D-Umsetzung wird wiederholt, bis der Zählbetrieb des Adreßgenerators (6) angehalten wird. Nach Beendigung des Betriebs der Speicherung der Daten, die aus der vorstehend aufgeführten A/D-Umsetzung für die erste Lichtimpuls aus sendung erhalten wurden, inkrementiert die Verarbeitungseinheit (7) die höchstwertige Adresse des Speichers (5) und bringt dadurch die Adresse zur Speicherung des Ergebnisses der nachfolgenden A/D-Umsetzung auf den neuen Stand, worauf ein Vorgang ähnlich dem vorausgehend beschriebenen wiederholt durchgeführt wird.

Hat die Anzahl, wie oft der Lichtimpuls ausgesandt wurde (d. h. die Anzeige der Laservorgänge) 16 erreicht, und wurden die Ergebnisse der A/D-Umwandlungen für die 16 Echolichtimpulse in den Speicherbereichen gespeichert, so liest die Verarbeitungseinheit (7) aufeinanderfolgend diese Ergebnisse der A/D-Umsetzungen aus dem Speicher (5) aus, worauf die 16 Lichtimpuls-Abfragedaten einer Mittelwertbildung-Verarbeitung unterzogen werden, wie in Fig. 8 bei (g) dargestellt ist. Bei der Mittelwertbildung-Verarbeitung werden die Daten, die sich aus den A/D-Umsetzungen für die 16 Echolichtimpulssignale ergeben und die in den jeweiligen Speicherbereichen gespeichert sind, miteinander addiert und die Summe wird durch 16 geteilt, wodurch eine gemittelte Wellenform der 16 Lichtimpuls wellenformen erhalten werden kann. Anschließend wird ein Maximalpegel oder eine Maximalamplitude der gemittelten Echolichtimpuls wellenform (Fig. 8, (g)) als Scheitel des Echolichtimpuls signals erfaßt, das vom Objekt (10) reflektiert wird. Durch Bestimmung der Zeit (T), die zwischen der Lichtimpuls aussendung aus dem Impuls laser (1) und dem Auftreten des Scheitels in der gemittelten Wellenform liegt, auf der Grundlage der Anzahl der Taktimpulse, die bis zum Vorliegen des Scheitels erzeugt wurden, ist es möglich, arithmetisch die Entfernung zum Objekt in Einklang mit der vorstehend aufgeführten Gleichung (3) in Verbindung mit der dritten Ausführungsform der Erfindung zu bestimmen.

Es sei nunmehr der Rauschabstand (S/N) des Echolichtimpuls signals betrachtet. Gewöhnlich ist das Ausgangssignal aus der Fotodetektorschaltung (3) von einem Schrotrauschen, einem thermischen Rauschen und anderen Störkomponenten begleitet. Wird die Signalenergie des Echos, die die A/D-Umsetzung erfahren hat, durch (ES) dargestellt, während jene des weißen Rauschens, die sich aus der Bandbegrenzung der vorstehend aufgeführten Rauschkomponenten ergibt, mit (EN) bezeichnet wird, so wird der Rauschabstand (S/N) nach der A/D-Umsetzung durch (ES/EN) angegeben. Mittels der vorstehend beschriebenen Durchschnittswertverarbeitung wird der Energiepegel (ES) des weißen Rauschens auf 1/16 verringert, da das Auftreten des Rauschens zufällig ist, obgleich die Signalenergie (ES) des Echos nach der Mittelwertbildungsverarbeitung im wesentlichen die gleiche bleibt. Dies bedeutet, daß der Rauschabstand (S/N) um einen Faktor 16 (12 dB) verbessert wird, da folgende Gleichung gilt:

$$S/N = ES/(EN/16) = 16 \times ES/EN$$

Insbesondere können durch die Mittelung der 16 abgefragten Wellenformen, von denen jede mit Störkomponenten überlagert ist (Fig. 8, (f)) die Störkomponenten unterdrückt werden, wie bei (g) in Fig. 8 ersichtlich ist, wodurch nur die gültige Echolichtimpuls signalkomponente entnommen wird. In diesem Zusammenhang sollte ferner erwähnt werden, daß eine PIN-Fotodiode als fotoelektrisches Umwandlungselement der Fotodetektorschaltung (3) verwendet wird, deren Ausgangssignal näherungsweise einem Quotienten proportional ist, der durch Division der Ausgangsleistung des Impuls lasers (1) durch ein Quadrat der Entfernung zum Objekt (10) erhalten wird. Entsprechend ist die Signalenergie des Echolichtimpuls signals, die aus der A/D-Umsetzung resultiert, näherungsweise der vierten Potenz der Entfernung umgekehrt proportional. Somit bedeutet die Verbesserung des Rauschabstandes (S/N) um einen Faktor (16), die durch die Mittelwertbildung erhalten wurde, daß die Entfernung, die erfaßt oder gemessen werden kann, um $2 (= 16^{1/4})$ im Falle der dargestellten Ausführungsform

rungsform erhöht wird.

Wie aus Vorstehenden ersichtlich ist, kann der Rauschabstand (S/N) merklich mittels der Mittelwertbildungsverarbeitung der Echolichtimpulssignale verbessert werden, so daß der Fehler in der Entfernungsmessung als Folge von Störspannungen auf ein Minimum unterdrückt werden kann. Somit kann das Entfernungserfassungs-
vermögen der Abstandsmeßvorrichtung beträchtlich verbessert werden. Andererseits kann unter der Annahme,
daß der für die Erfassung beabsichtigte Entfernungsbereich der gleiche wie bei der bekannten Vorrichtung sei,
die Signalenergie des Echolichtimpulses 1/16 jener der bekannten Vorrichtung sein. Infolgedessen kann ein
Impuls laser mit niedrigerer Leistung zufriedenstellend verwendet werden, so daß eine Entfernungsmessung
entsprechend kostengünstig für eine wirtschaftliche Einsparung realisiert werden kann.

Da ferner die Stelle des Scheitels des Echolichtimpulssignales als die Stelle betrachtet wird, die den Ort oder
die Position des in Frage stehenden Objektes darstellt, können Fehler, die bei der bekannten Vorrichtung infolge
des Vergleiches mit dem Schwellenwertpegel erzeugt werden, ebenfalls im wesentlichen vermieden werden, so
daß nicht nur die Entfernungsmessung mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden kann, sondern auch eine
verbesserte Linearität mit sich bringt.

Bei der praktischen Anwendung der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung kann eine
Zeitverzögerung mehr oder weniger zwischen der Triggerung des Impuls lasers und dem Auftreten des Scheitels
in den Echosignal-Wellenformdaten auftreten. Entsprechend wird die Entfernung, die unter Bezug auf den
Lasertriggerzeitpunkt bestimmt wird, ein wenig länger als die tatsächliche Entfernung gemessen. Jedoch kann
durch eine experimentelle Bestimmung der vorstehend aufgeführten Zeitverzögerung und Subtrahieren einer
Entfernung, die der Zeitverzögerung entspricht, von der arithmetisch bestimmten Entfernung eine genaue
Entfernungsmessung erzielt werden.

Bei der vorstehenden Beschreibung wurde angenommen, daß der Lichtimpuls generator aus einem Impuls la-
ser besteht. Es ist jedoch offensichtlich, daß eine andere Lichtquelle, wie z. B. eine Leuchtdiode oder dergleichen,
gleichermaßen verwendet werden kann. Da ferner die erfindungsgemäße Entfernungsmessung durch
Verwendung einer elektromagnetischen Welle im Prinzip betrieben werden kann, können der Lichtimpuls gene-
rator und die Fotodetektorschaltung durch einen Generator für eine elektromagnetische Impulswelle und eine
Erfassungsschaltung für einen elektromagnetischen Impuls mit ähnlichen Wirkungen ersetzt werden.

Es wird angenommen, daß die vorliegende Erfindung und viele ihrer begleitenden Vorteile aus der vorgehen-
den Beschreibung ersichtlich sind und es ist offensichtlich, daß verschiedene Änderungen in der Form, dem
Aufbau und der Anordnung derselben gemacht werden können, ohne daß alle ihre merklichen Vorteile geopfert
werden, und diese werden daher im Rahmen der anliegenden Ansprüche von der Erfindung mitumfaßt.

Patentansprüche

1. Entfernungsmessungsvorrichtung zur Messung einer Entfernung zu einem in Frage stehenden Objekt, ge-
kennzeichnet durch

eine Taktimpuls erzeugereinrichtung (2) zur Erzeugung eines Taktimpulssignals mit einer vorgegebenen
Frequenz;

eine Taktimpuls verzögerungseinrichtung (11) zur Verzögerung des Taktimpulssignals um einen Betrag, der
einem ganzzahligen Mehrfachen einer Zeitdauer entspricht, die sich durch Division einer Periode des
Taktimpulssignals durch eine ganze Zahl (N) ergibt, die größer als 2 (zwei) ist, um dadurch ein verzögertes
Taktimpulssignal zu erzeugen;

eine Lichtimpuls erzeugereinrichtung (1) zur Erzeugung eines Lichtimpulses zu einem Zeitpunkt, der syn-
chron mit einem gegebenen der Impulse des verzögerten Taktimpulssignals ist;

eine Fotodetektoreinrichtung (3) zum Empfang eines Echolichtimpulses, der aus der Reflexion des Lichtim-
pulses am Objekt resultiert, und Umsetzen des Echolichtimpulses in ein elektrisches Signal;

eine Analog/Digital-Umsetzeinrichtung (4) zur Umsetzung des elektrischen Signalausganges aus der
Fotodetektoreinrichtung (3) in digitale Daten in zeitlicher Steuerung, die synchron mit den einzelnen
Taktimpulsen des Taktimpulssignals ist;

eine Speichereinrichtung (5) zur aufeinanderfolgenden Speicherung des digitalen Datenausganges der
Analog/Digital-Umsetzeinrichtung; und

eine Verarbeitungseinrichtung (7), um dem Taktimpulssignal unterschiedliche Verzögerungen zu erteilen,
so daß das verzögerte Taktimpulssignal jeweils um unterschiedliche Beträge für N Aussendungen der
Lichtimpulse verzögert ist, und Zusammensetzen von N Sätzen digitaler Daten, die in der Speichereinrich-
tung gespeichert sind, indem N Sätze digitaler Daten auf zeitlich serieller Grundlage geordnet werden, um
dadurch die Entfernung zum Objekt auf der Grundlage einer durch das Zusammensetzen erhaltenen
Impuls wellenform arithmetisch zu bestimmen.

2. Entfernungsmessungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verarbeitungseinrich-
tung (7) die Entfernung auf der Grundlage der zusammengesetzten Wellenform in Einklang mit folgender
Gleichung bestimmt:

$$S = [(n \times C)/(f \times N)]/2$$

wobei n die Anzahl der Taktimpulse darstellt, die vor dem Auftreten eines Scheitels in der zusammengesetz-
ten Wellenform erzeugt werden, gezählt von einem Zeitpunkt an, wo der erste der Lichtimpulse ausgesandt
wird;

C die Lichtgeschwindigkeit darstellt;

f die Frequenz des Taktimpulssignals darstellt, das durch die Taktimpuls erzeugereinrichtung (2) erzeugt

wird;

N die Anzahl darstellt, wie oft der Lichtimpuls für eine einzelne Entfernungsmessung ausgesandt wird; und S die Entfernung darstellt.

3. Entfernungsmessvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtimpulserzeugereinrichtung einen Impulsaser umfaßt.

4. Entfernungsmessvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtimpulserzeugereinrichtung (1) eine Leuchtdiode umfaßt, die zur Aussendung von Lichtimpulsen gesteuert wird.

5. Entfernungsmessvorrichtung zur Messung einer Entfernung zu einem in Frage stehenden Objekt, gekennzeichnet durch:

eine Taktimpulserzeugereinrichtung (2) zur Erzeugung eines Taktimpulssignals mit einer vorgegebenen Frequenz;

eine Taktimpulsverzögerungseinrichtung (11) zur Verzögerung des Taktimpulssignals um einen Betrag, der einem ganzzahligen Vielfachen einer Zeitdauer entspricht, die aus einer Division einer Periode des Taktimpulssignals mit einer ganzen Zahl (N) resultiert, die größer als 2 (zwei) ist, um dadurch ein verzögertes Taktimpulssignal zu erzeugen;

eine Lichtimpulserzeugereinrichtung (1) zur Erzeugung eines Lichtimpulses in zeitlicher Steuerung synchron mit einem gegebenen der Impulse des Taktimpulssignals;

eine Fotodetektoreinrichtung (3) zum Empfang eines Echolichtimpulses, der aus der Reflexion des Lichtimpulses am Objekt resultiert, und Umwandlung des Echolichtimpulses in ein elektrisches Signal;

eine Analog/Digital-Umsetzeinrichtung (4) zum Umsetzen des elektrischen Signalausganges aus der Fotodetektoreinrichtung in digitale Daten synchron mit den einzelnen Taktimpulsen des verzögerten Taktimpulssignals;

eine Speichereinrichtung (5) zur aufeinanderfolgenden Speicherung der digitalen Daten, die aus der Analog/Digital-Umsetzeinrichtung (4) erhalten wurden; und

eine Verarbeitungseinrichtung (7), um unterschiedliche Verzögerungen den verzögerten Taktimpulssignalen zu erteilen, die jeweils für N Lichtimpulsaussendungen erzeugt wurden, und Zusammensetzen von N Sätzen der digitalen Daten, die in der Speichereinrichtung gespeichert sind, indem die N Datenätze zeitlich seriell geordnet werden, um dadurch arithmetisch die Entfernung zum Objekt auf der Grundlage der durch das Zusammensetzen erhaltenen Impulswellenform zu bestimmen.

6. Entfernungsmessvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Verarbeitungseinrichtung (7) die Entfernung auf der Grundlage der zusammengesetzten Wellenform in Einklang mit folgender Gleichung bestimmt:

$$S = [(n \times C)/(f \times N)]/2$$

wobei n die Anzahl der Taktimpulse darstellt, die vor dem Auftreten eines Scheitels in der zusammengesetzten Wellenform erzeugt werden, gezählt ab einem Zeitpunkt, wo der erste der Lichtimpulse ausgesandt wird;

C die Lichtgeschwindigkeit darstellt;

f die Frequenz des Taktimpulssignals darstellt, das durch die Taktimpulserzeugereinrichtung (2) erzeugt wird;

N die Anzahl darstellt, wie oft der Lichtimpuls für eine einzelne Entfernungsmessung ausgesandt wird; und S die Entfernung darstellt.

7. Entfernungsmessvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtimpulserzeugereinrichtung (1) einen Impulsaser umfaßt.

8. Entfernungsmessvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtimpulserzeugereinrichtung (1) eine Leuchtdiode umfaßt, die zur Aussendung von Lichtimpulsen gesteuert wird.

9. Entfernungsmessvorrichtung zur Messung einer Entfernung zu einem in Frage stehenden Objekt, gekennzeichnet durch

eine Taktimpulserzeugereinrichtung (2) zur Erzeugung eines Taktimpulssignals mit einer vorgegebenen Frequenz;

eine Impulserzeugereinrichtung (1) zur Erzeugung einer gepulsten elektromagnetischen Welle;

eine Detektoreinrichtung zur Erfassung eines Echoimpulses, der aus der Reflexion des Impulses am Objekt resultiert;

eine Analog/Digital-Umsetzeinrichtung (4) zum Umsetzen eines Echosignalausganges aus der Detektoreinrichtung in digitale Daten synchron mit dem Taktimpulssignal;

eine Speichereinrichtung (5) zur aufeinanderfolgenden Speicherung des digitalen Datenausganges der Analog/Digital-Umsetzeinrichtung auf zeitlich serieller Grundlage; und

eine Verarbeitungseinrichtung (7) zur Verarbeitung der in der Speichereinrichtung gespeicherten Daten, um dadurch arithmetisch die Entfernung zum Objekt auf der Grundlage der zeitlich seriellen digitalen Daten zu bestimmen.

10. Entfernungsmessvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Verarbeitungseinrichtung (7) die Daten bestimmt, die einen Maximalwert aufweisen, der einen Scheitel des Echoimpulses darstellt, um dadurch die Entfernung zum Objekt in Einklang mit folgender Gleichung zu bestimmen;

$$S = [(n/f) \times C]/2$$

wobei S die Entfernung darstellt;

n die Anzahl der Taktimpulse darstellt, die vor dem Auftreten des Scheitels in den in dem Speicher gespeicherten Daten erzeugt werden;

C die Lichtgeschwindigkeit darstellt; und

f die Frequenz des Taktimpulssignals darstellt.

11. Entfernungsmessvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Erzeugereinrichtung für die gepulste elektromagnetische Welle einen Impulslaser umfaßt, daß die Detektoreinrichtung eine fotoelektrische Detektorschaltung umfaßt und daß der Impuls ein Lichtimpuls ist.

12. Entfernungsmessvorrichtung zur Messung einer Entfernung zu einem in Frage stehenden Objekt, gekennzeichnet durch:

eine Taktimpulserzeugereinrichtung (2) zur Erzeugung eines Taktimpulssignals mit einer vorgegebenen Frequenz;

eine Impulserzeugereinrichtung (1) zur Erzeugung einer gepulsten elektromagnetischen Welle;

eine Detektoreinrichtung (3) zur Erfassung eines Echoimpulses, der aus der Reflexion der gepulsten elektromagnetischen Welle am Objekt resultiert;

eine Analog/Digital-Umsetzeinrichtung (4) zum Umsetzen des Echoimpulssignalausgangs aus der Detektoreinrichtung in digitale Daten synchron mit dem Taktimpulssignal;

eine Speichereinrichtung (5) zur aufeinanderfolgenden Speicherung des digitalen Datenausganges der Analog/Digital-Umsetzeinrichtung auf einer zeitlich seriellen Grundlage; und

eine Verarbeitungseinrichtung (7) zur Mittelung von N Sätzen der Daten, die aus der Analog/Digital-Umsetzeinrichtung (4) erhalten und jeweils in der Speichereinrichtung für N Impulsaussendungen gespeichert sind, wobei N eine gegebene ganze Zahl darstellt, und arithmische Bestimmung der Entfernung zum Objekt auf der Grundlage eines Satzes Daten, die durch den Durchschnittswertbildungsvorgang erhalten wurden.

13. Entfernungsmessvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Verarbeitungseinrichtung (7) Daten in dem einen Satz Daten bestimmt, der einen Maximalwert hat, der einen Scheitel des Echoimpulses darstellt, um dadurch die Entfernung zum Objekt entsprechend folgender Gleichung zu bestimmen:

$$S = [(n/f) \times C]/2$$

wobei S die Entfernung darstellt; n die Anzahl der Taktimpulse darstellt, die erzeugt werden, bevor der Scheitel in einem Satz der Daten auftritt, die durch den Mittelwertbildungsvorgang erhalten wurden;

C die Lichtgeschwindigkeit darstellt; und

f die Frequenz des Taktimpulssignals darstellt.

14. Entfernungsmessvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Erzeugereinrichtung (1) für die gepulste elektromagnetische Welle einen Impulslaser umfaßt, daß die Detektoreinrichtung (3) eine fotoelektrische Detektorschaltung umfaßt, und der Impuls ein Lichtimpuls ist.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 2

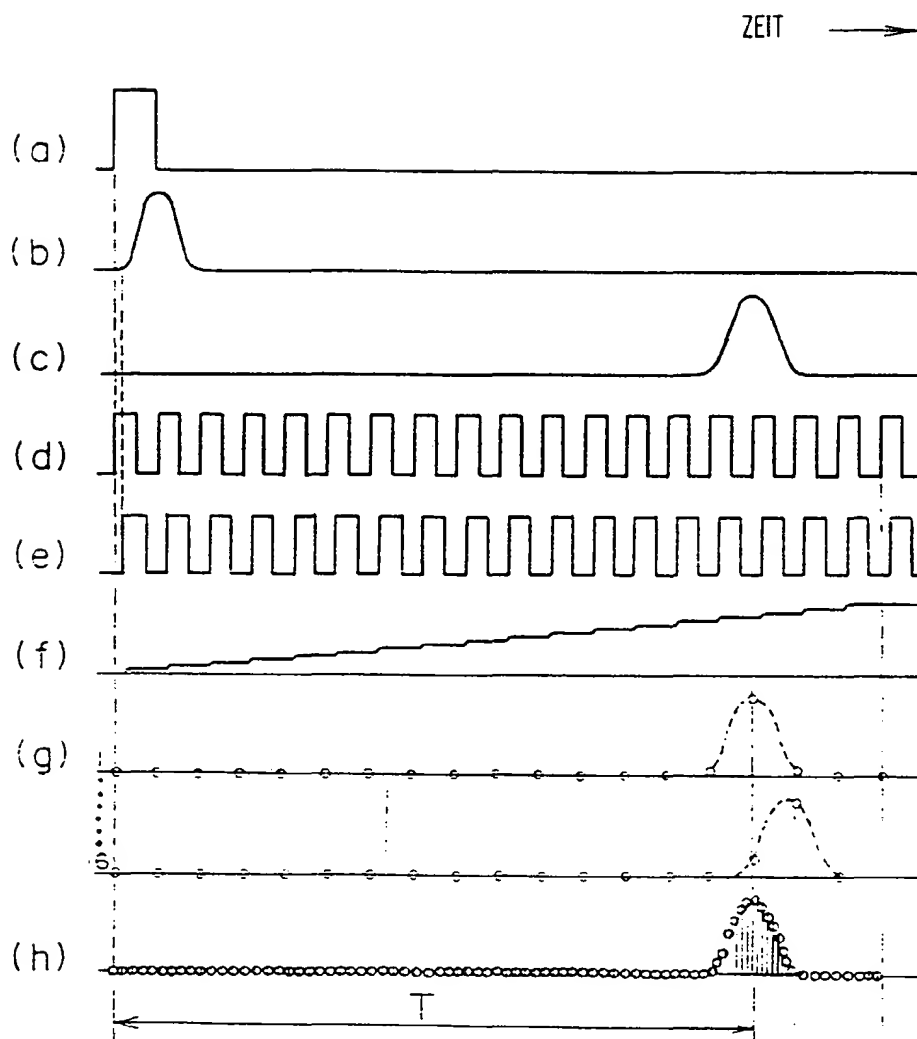


FIG. 3

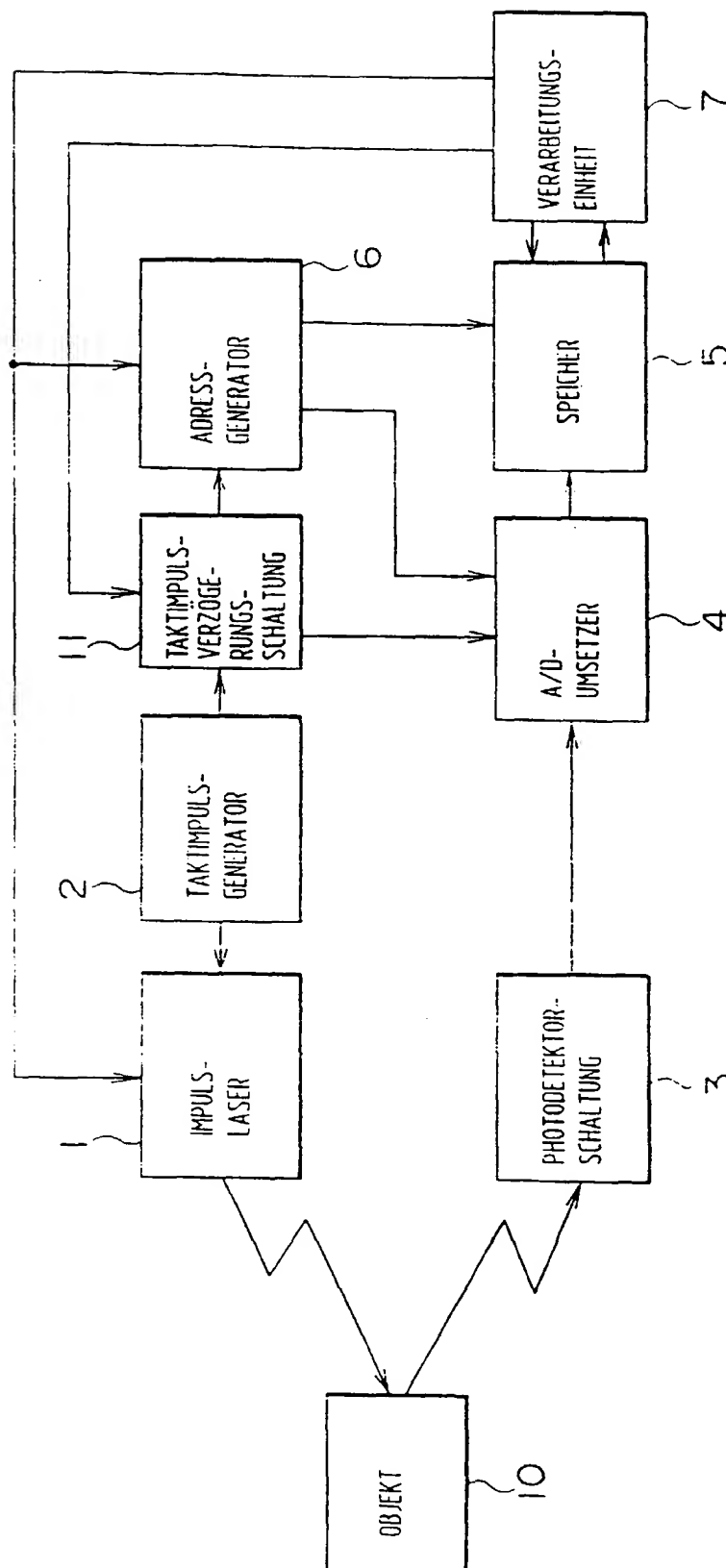


FIG. 4

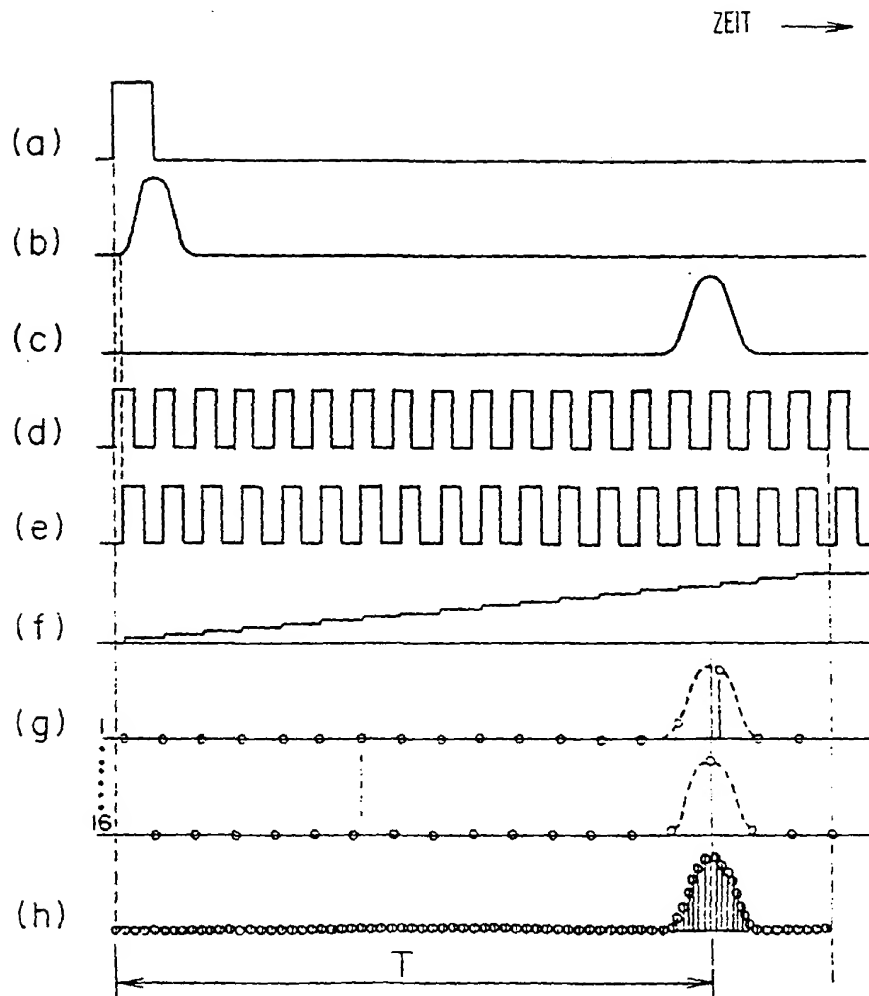


FIG. 5

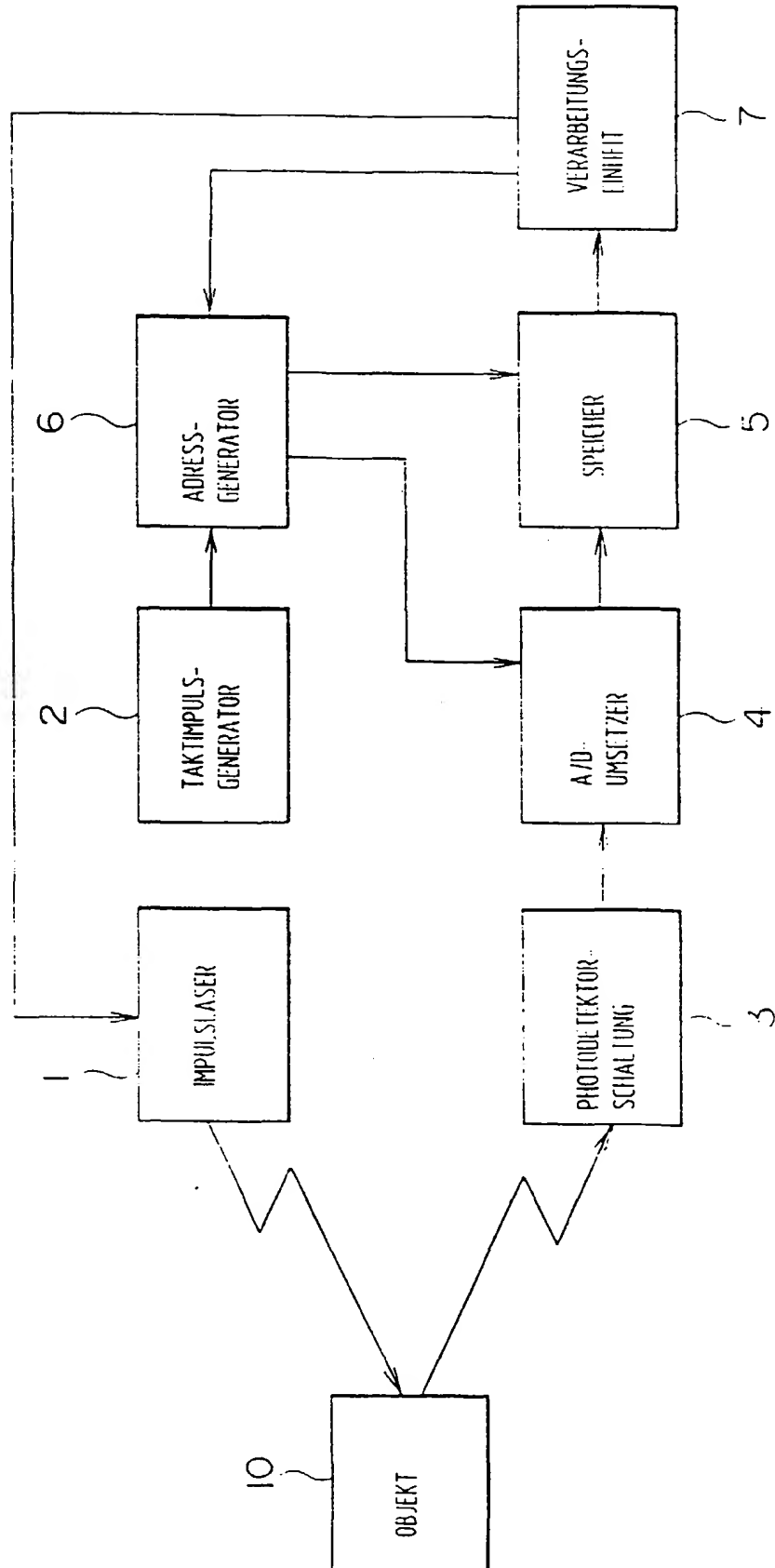


FIG. 6

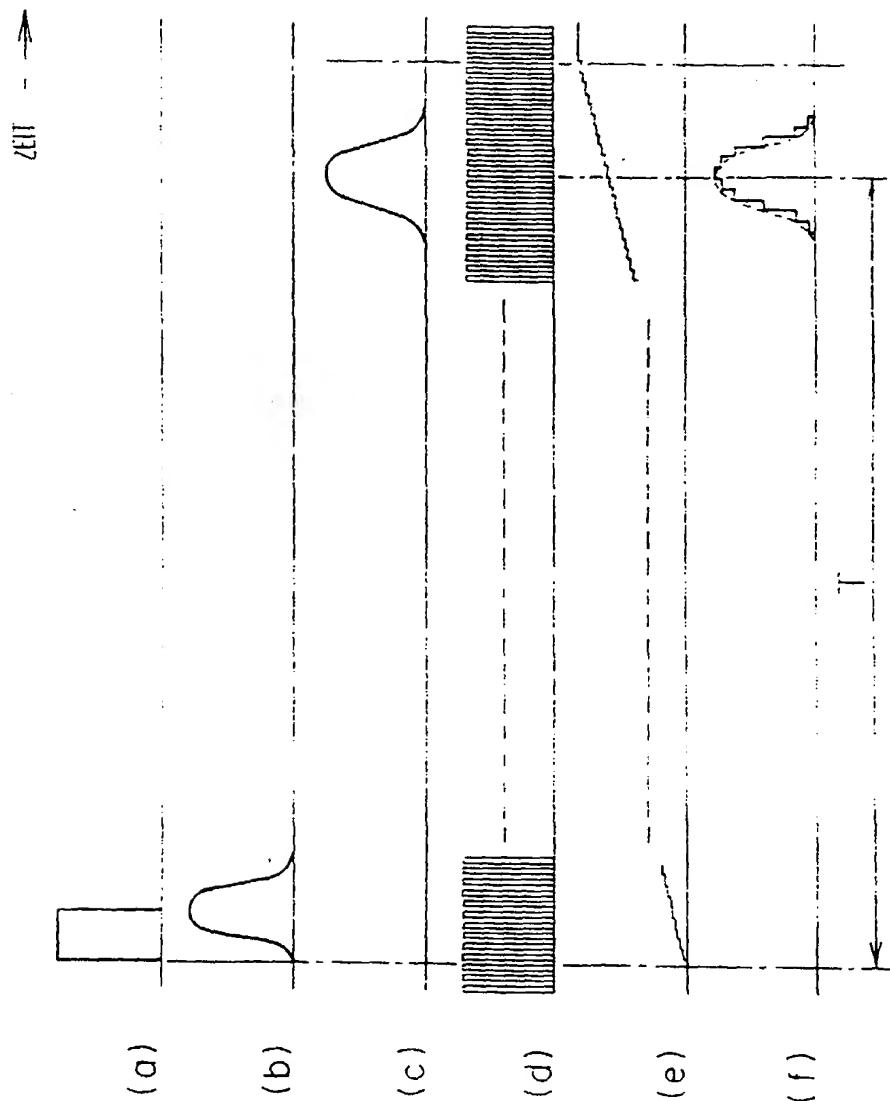


FIG. 7

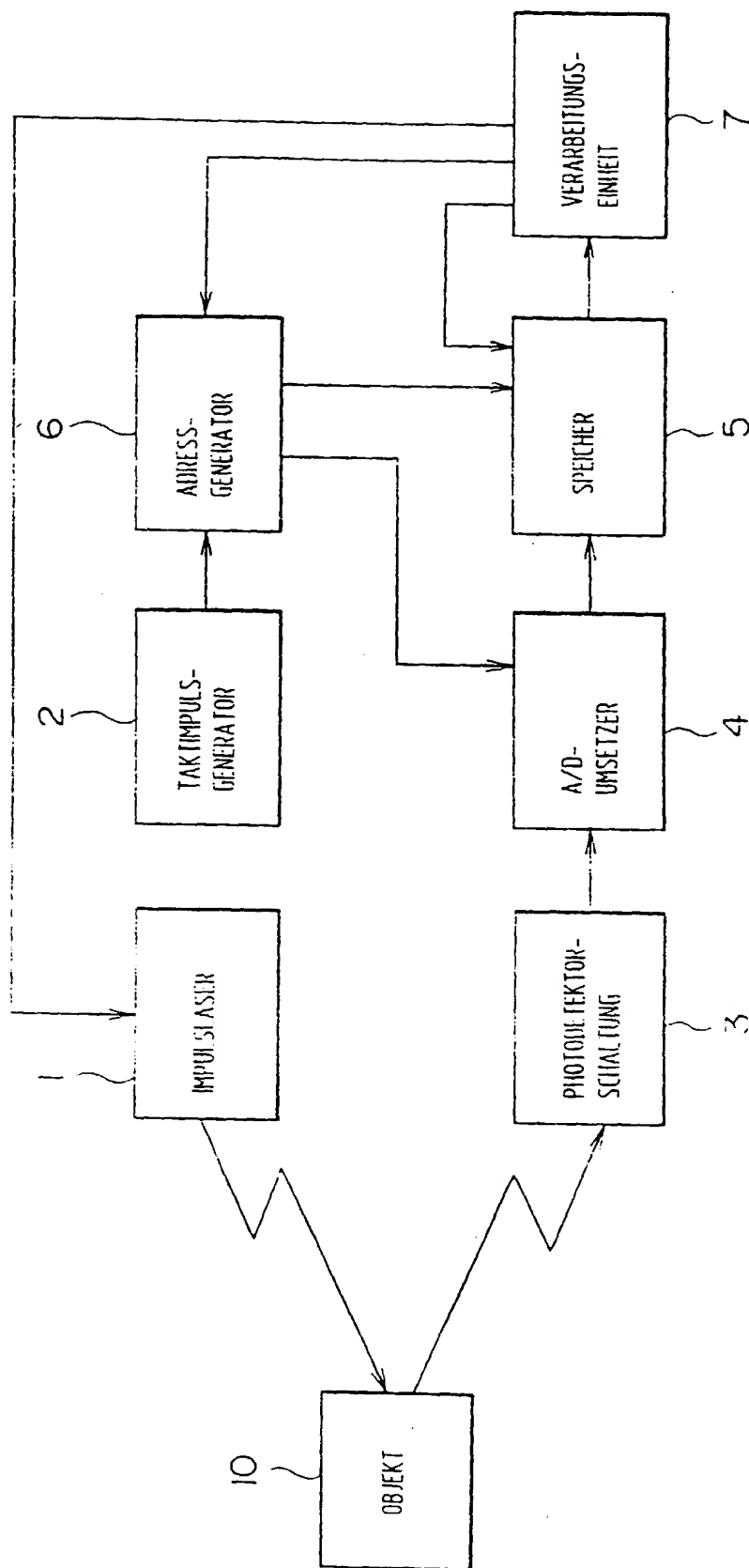


FIG. 8

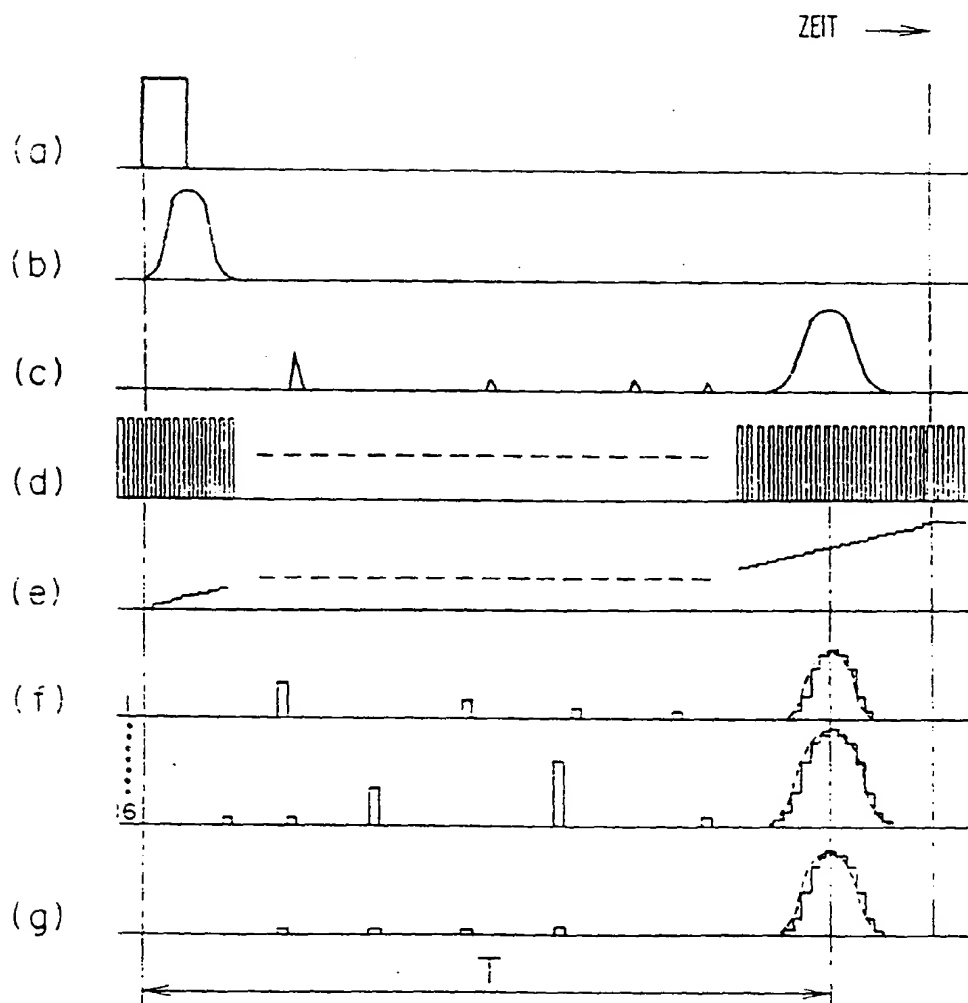


FIG. 9
STAND DER TECHNIK

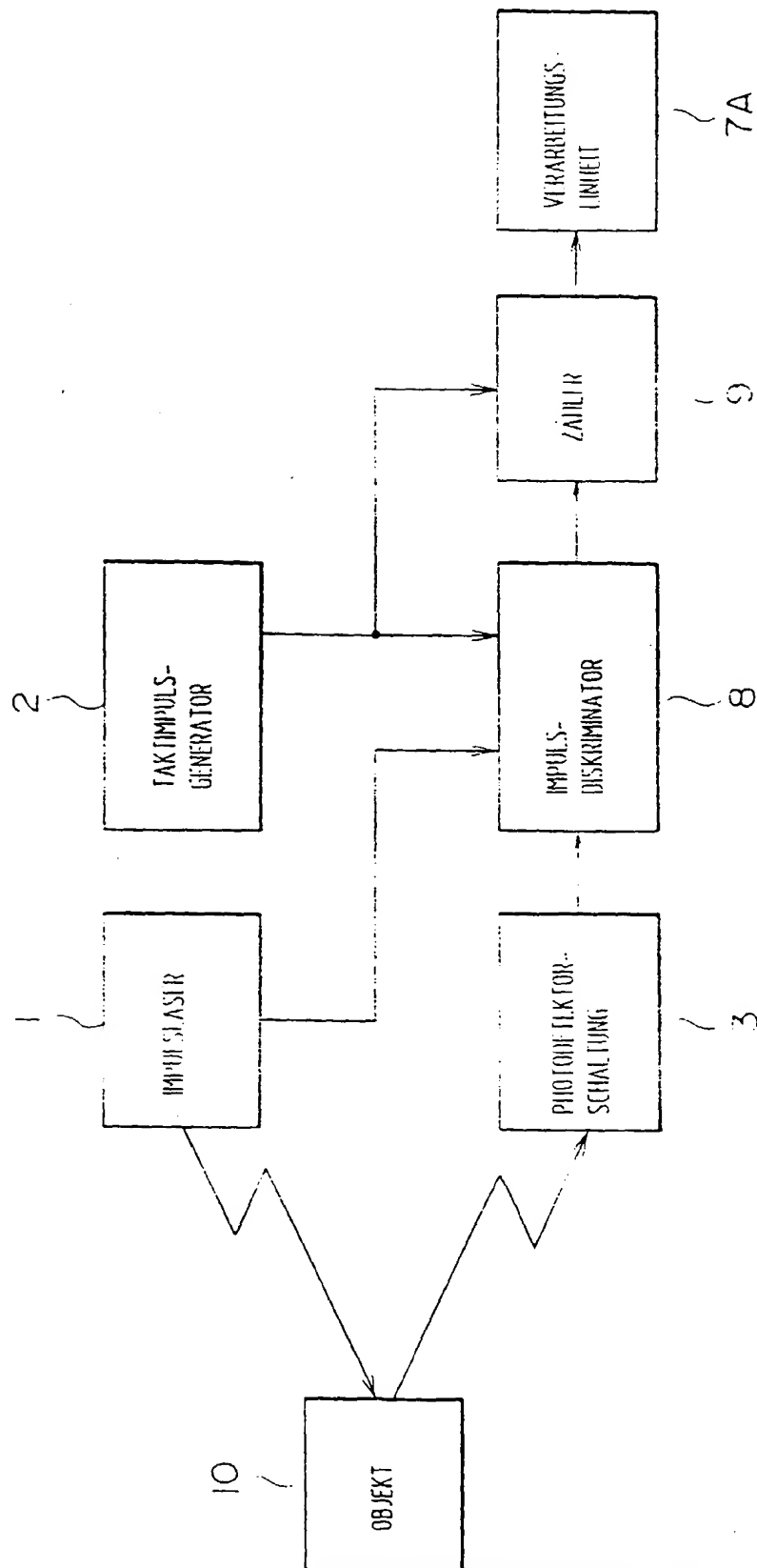


FIG. 10
STAND DER TECHNIK

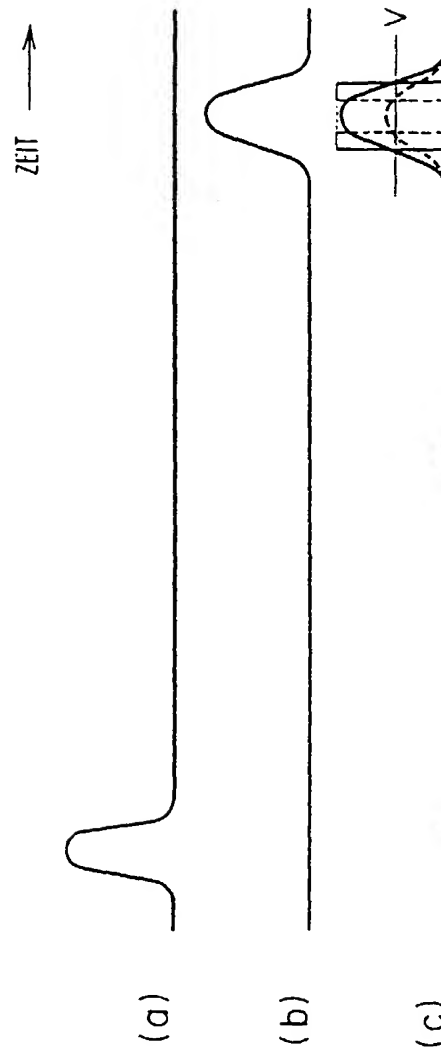


FIG. 1

